



UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE CÓRDOBA
Universidad Jesuita

TRABAJO FINAL

GONZALO M. DANIEL



UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE CÓRDOBA

Universidad Jesuita

Trabajo Final

Tomo I – Versión digital.

**Sustentabilidad del Uso de Suelo.
Campus Universidad Católica de
Córdoba.**

Presentado por: Gonzalo M. Daniel

Tutora: Ing. María Pía Cruz

Asesores: Ing. Carlos G. Catalini

Ing. Ítalo Martín

Julio 2015



Agradecimientos:

“Agradezco a todas las personas que me apoyaron permanentemente durante mi carrera universitaria, en especial a mis padres por brindarme sostén y motivación constante; a mis compañeros que integraron e hicieron posible este Trabajo Final; a los profesores, María Pía Cruz, Carlos Catalini e Ítalo Martín, por haberse ofrecido al máximo, con su tiempo y paciencia, para lograr el objetivo.”



ÍNDICE.

I. - INTRODUCCIÓN.....	14
I.1.- Objetivos.	14
I.1.a. - <i>Objetivo General.</i>	14
I.1.b. - <i>Objetivos Particulares.</i>	15
I.2.- Enfoque Metodológico.	16
II. - DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	18
II.1.- Reseña Histórica.	18
II.2.- Ubicación.	18
II.3.- Geografía y Topografía.	20
II.4.- Clima del Sector.	21
II.5.- Relevamiento de antecedentes y de estado del arte.	23
III. - ESTUDIO TOPOGRÁFICO.	27
IV. - ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO.....	29
IV.1.- Objetivo principal.	29
IV.1.a. - <i>Objetivo de la primer etapa.</i>	29
IV.1.b. - <i>Objetivo de la segunda etapa.</i>	29
IV.2.- Metodología de la Primer Etapa.	30
IV.3.- Localización y características de la cuenca.	31
IV.3.a. - <i>Localización.</i>	31
IV.3.b. - <i>Características generales de la zona.</i>	32
Sección 1.1 - <i>Geología.</i>	32
Sección 1.2 - <i>Parámetros de la cuenca.</i>	33
Sección 1.3 - <i>Datos climáticos.</i>	33
IV.4.- Ubicación y Curvas IDT.....	35
IV.5.- Tiempo de concentración.	38
IV.6.- Hietograma de Precipitación de Diseño Utilizando las Curvas IDT.....	40
IV.7.- Metodología de la Segunda Etapa.	43
IV.8.- Modelación de lluvia de diseño.	44
IV.9.- Esquema de modelación.	46
IV.9.a. - <i>Definición de subcuencas.</i>	46
IV.9.b. - <i>Parámetros de las subcuencas.</i>	48
IV.10.- Nudos.....	52
IV.11.- Conductos.	53
IV.11.a. - <i>Definición de vías de escurrimiento.</i>	53
IV.11.b. - <i>Características de las vías de escurrimiento.</i>	54
IV.12.- Disposición Final (Vertido).	57
IV.13.- Conclusiones.....	57



V. - ESTUDIO DE SUELOS.....	59
V.1.- Objeto y Ubicación.....	59
V.1.a. - <i>Objetivos</i>	59
V.1.b. - <i>Ubicación</i>	59
V.2.- Estudio de Antecedentes.....	59
V.3.- Trabajos de Campaña.....	61
V.3.a. - <i>Relevamiento visual</i>	61
V.3.b. - <i>Relevamiento topográfico</i>	62
V.3.c. - <i>Relevamiento georeferencial</i>	62
V.3.d. - <i>Relevamiento de bocas de inspección</i>	63
V.3.e. - <i>Relevamiento de luminaria</i>	63
V.3.f. - <i>Exploración de auscultación geotécnica</i>	63
V.3.g. - <i>Relevamiento de árboles</i>	64
Sección 1.4 - <i>Características relevadas en la zona de estudio</i>	66
Sección 1.5 - <i>Análisis y resultados</i>	67
Sección 1.6 - <i>Distribución espacial</i>	69
Sección 1.7 - <i>Imágenes</i>	71
V.4.- Trabajos de Laboratorio.....	77
V.5.- Perfil de suelo general.....	78
V.6.- Análisis de resultados.....	80
V.6.a. - <i>Tipo de Suelo</i>	80
V.6.b. - <i>Características</i>	80
V.6.c. - <i>Recomendaciones de fundación</i>	86
Sección 1.8 - <i>Fundaciones Superficiales</i>	86
Sección 1.9 - <i>Fundaciones Profundas</i>	86
V.6.d. - <i>Fertilidad del suelo orgánico y Taxonomía</i>	87
V.7.- <i>Relevamiento fotográfico - Exploración de auscultación geotécnica</i>	87
VI. - ZANJA DE INFILTRACIÓN.....	90
VI.1.- Problemática.....	90
VI.2.- Objetivos.....	90
VI.3.- Alternativa propuesta.....	90
VI.4.- Zanja de infiltración.....	92
VI.5.- Materiales utilizados.....	92
VI.5.a. - <i>Ideas potenciales de plantear la zanja de infiltración</i>	93
VI.6.- Funcionalidad de la zanja.....	94
VI.7.- Diseño de la zanja de infiltración.....	95
VI.8.- Cálculo para verificación de su funcionamiento.....	95
VI.9.- Cálculo de caudal según Catalini-Bertoni.....	96
VI.10.- Conclusión.....	96
VII. - LÍNEAS DE ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL.....	98
VII.1.- Introducción.....	98



VII.2.- Objetivo.....	98
VII.3.- Modelo digital del terreno.....	98
VII.3.a. - <i>Modelo Vectorial TIN</i>	99
VII.3.b. - <i>Modelo Matricial Raster</i>	99
VII.4.- Red de drenaje geomorfológica.	100
VII.5.- Resultados Parciales.....	101
VIII. - EROSIÓN DEL SUELO.....	105
VIII.1.- Introducción.	105
VIII.2.- Objetivos.....	105
VIII.3.- Breve contenido teórico.	105
VIII.3.a. - <i>Erosión por impacto de gota de lluvia</i>	106
VIII.3.b. - <i>Escurrimiento superficial</i>	106
VIII.3.c. - <i>Sedimentación</i>	107
VIII.4.- Tipos de erosión.	107
VIII.5.- Cálculo de erosión (zonas críticas).	108
VIII.5.a. - <i>Fórmula universal para calcular la pérdida de suelo</i>	108
VIII.5.b. - <i>Línea de drenaje superior</i>	108
VIII.5.c. - <i>Línea de drenaje inferior</i>	109
VIII.5.d. - <i>Obtención de cada parámetro</i>	110
C: <i>Factor cultivo</i>	111
VIII.5.e. - <i>Resultados parciales</i>	111
IX. - VÍAS DE COMUNICACIÓN, PLANEAMIENTO Y URBANISMO.....	116
IX.1.- Objeto.	116
IX.2.- Introducción.....	116
IX.3.- Encuestas personales.	117
IX.3.a. - <i>Medio de transporte utilizado</i>	118
IX.4.- Estacionamientos.....	118
IX.4.a. - <i>Marco teórico</i>	118
IX.4.b. - <i>Campus UCC. Capacidad del estacionamiento. Registro de patentes y conteo vehicular</i>	120
Sección 1.10 - <i>Registro de patentes. Estudio Zona 1: Estacionamiento Facultad de Ingeniería</i>	121
Sección 1.11 - <i>Registro de patentes. Estudio Zona 2: Estacionamiento Techado</i>	125
Sección 1.12 - <i>Registro de patentes. Estudio Zona 6: Estacionamiento Común (Franja frente al bar)</i>	127
Sección 1.13 - <i>Conteo vehicular. Estudio general</i>	129
IX.4.c. - <i>Estacionamientos de Combis</i>	132
IX.4.d. - <i>Proyección de un nuevo estacionamiento</i>	134
IX.5.- Transporte masivo de pasajeros.....	136



IX.5.a. - Propuesta para perfeccionar el transporte masivo de pasajeros.....	138
IX.6.- Vías de comunicación.	140
IX.6.a. - Capacidad de la vía.	140
Sección 1.14 - Estado de la vía.	141
Sección 1.15 - Evaluación del estado del pavimento.	145
IX.6.b. - Paquete estructural: Pavimento rígido.	149
Sección 1.16 - Función de la estructura de un Pavimento Rígido.	149
Sección 1.17 - Elementos que integran un Pavimento Rígido.	149
Sección 1.18 - Estimación del paquete estructural.	151
Sección 1.19 - Capacidad remanente del paquete estructural.	152
Sección 1.20 - Vida útil del pavimento vs. Capacidad de la calzada.	160
IX.6.c. - Nivel de Servicio de la vía.	162
IX.6.d. - Diseño vial.	164
Sección 1.21 - Radios de giro.	164
Sección 1.22 - Calzada.	165
Sección 1.23 - Señalización vial.	167
IX.7.- Sistema de movilidad peatonal.....	172
IX.8.- Servicios de infraestructura.	175
X. - CONCLUSIONES FINALES.....	177
X.1.- Estudio hidrológico e hidráulico.	177
X.1.a. - Zona Crítica Principal.	177
X.1.b. - Zonas Críticas Secundarias.	177
X.1.c. - Influencia de la impermeabilización de suelo.	179
X.1.d. - Caudales.	180
X.1.e. - Volúmenes excedentes.	180
X.1.f. - Rendimientos por cuenca.	181
X.2.- Zanja de infiltración.	182
X.3.- Vías de comunicación, planeamiento y urbanismo.	183
XI. - BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA.....	185
XII. - ANEXO.	188
XII.1.- Anexo del Estudio Hidrológico e Hidráulico.	188
XII.2.- Anexo del Estudio Geotécnico.	188
XII.3.- Anexo del Proyecto de Zanja de Infiltración.	188
XII.4.- Anexo del Estudio Vial.	188



ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla IV.3-1: Medias de datos climáticos	34
Tabla IV.5-1: Tiempos de Concentración. Fuente: Chow, 1987.	38
Tabla IV.6-1: Método de Bloques Alternos – T = 10 años.....	41
Tabla IV.6-2: Método de Bloques Alternos – T = 50 años.....	42
Tabla IV.8-1: Características de Lluvia de Diseño.	44
Tabla IV.9-1: Parámetros de la subcuenca C-4 de ejemplo.	49
Tabla IV.9-2: Valores para Modelo de Infiltración por SCS.	51
Tabla IV.11-1: Parámetros de los Conductos.	54
Tabla V.3-1: Exploraciones ejecutadas.....	63
Tabla V.3-2: Especies Autóctonas (Fuente: Propia).	67
Tabla V.3-3: Especies Exóticas (Fuente: Propia).	67
Tabla V.4-1: Ensayos en laboratorio.....	77
Tabla V.4-2: Ensayos en laboratorio.....	77
Tabla V.6-1: Índice de vacíos.	82
Tabla V.6-2: Relación para un suelo loésico seco entre el grado de subsistencia “s” y la porosidad “n”.	82
Tabla V.6-3: Riesgo de colapso de un suelo de acuerdo a su potencial (Aravena R. y Kramer P., 1984).	83
Tabla V.6-4: Actividad de minerales de arcilla.	84
Tabla V.6-5: Actividad y tipo de mineral.	84
Tabla V.6-6: Parámetros de diseño para fundación profunda.....	86
Tabla VIII.5-1: Factor de erosividad.....	111
Tabla VIII.5-2: Factor de cultivo.	111
Tabla IX.5-1: Zona 1: Estacionamiento Facultad de Ingeniería.	122
Tabla IX.5-2: Zona 2: Estacionamiento Techado.	125
Tabla IX.5-3: Conteo vehicular.	129
Tabla IX.5-4: Conteo vehicular.	129
Tabla IX.6-1: Proyección Exponencial.....	140
Tabla IX.6-2: Proyección lineal.	140



Tabla IX.6-3: Coeficiente D1.	146
Tabla IX.6-4: Descripción – Fisura tipo.	147
Tabla IX.6-5: Desvío estándar.	155
Tabla IX.6-6: Coeficiente de transferencia de cargas (J).	155
Tabla IX.6-7: Coeficiente de drenaje.....	155
Tabla IX.6-8: Confiabilidad del camino.	156
Tabla 0.8-1: Empresas - Servicios.	175



ÍNDICE DE GRÁFICOS.

Gráfico IV.4-1: Curvas IDT proporcionadas por Modelo DIT.....	36
Gráfico IV.4-2: Curvas IDT proporcionadas por Municipalidad de Córdoba.....	37
Gráfico IV.6-1: Hietograma para T: 10 Años.	41
Gráfico IV.6-2: Hietograma para T:50 Años.	42
Gráfico IV.8-1: Serie para $T_r = 10$ años.	45
Gráfico IV.8-2: Serie para $T_r = 50$ años.	45
Gráfico IV.11-1: Sección Transversal de Perfil Calle de Tierra.	55
Gráfico IV.11-2: Sección Transversal de Perfil Calle de Hormigón.	55
Gráfico IV.11-3: Sección Transversal de Perfil Canal Irregular Natural.....	56
Gráfico IV.11-4: Sección Conducto Circular.	56
Gráfico V.3-1: Porcentajes relativos de especies (Fuente: Propia).....	68
Gráfico V.3-2: Especies totales.....	69
Gráfico V.5-1: Valores de porcentaje de densidad relativa (%Dr) vs. N° de golpes según su compacidad.	79
Gráfico V.6-1: Tensión – deformación.	81
Gráfico V.6-2: Colapsabilidad.	83
Gráfico V.6-3: Ensayo SPT. Según el antecedente [8].....	85
Gráfico IX.3-1: Encuestas.....	117
Gráfico IX.5-1: Medio de transporte utilizado.....	136
Gráfico IX.5-2: Servicio más eficiente.	138
Gráfico IX.6-1: Ábaco N°1.	156
Gráfico IX.6-2: Ábaco N°2.	157
Gráfico IX.6-3: Ábaco N°3.	158
Gráfico IX.6-4: Paquete estructural. Vida útil.	160
Gráfico IX.6-5: Capacidad vial. Vida útil.....	160
Gráfico IX.6-6: Vida útil remanente.	161
Gráfico IX.6-7: Perfil tipo “Vías principales”.	166
Gráfico IX.6-8: Perfil tipo “Vías de estacionamiento”.	166



ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura I.2-1: Metodología de trabajo.....	16
Figura II.2-1: Mapa ubicación sedes, UCC.	19
Figura II.3-1: Zona de estudio. Ubicación del Campus respecto al centro de la Ciudad (Fuente: Google Earth).....	21
Figura II.4-1: Temperaturas de la Ciudad de Córdoba.	22
Figura IV.3-1: Cuenca de aporte.	31
Figura IV.3-2: Parámetros de la cuenca.	33
Figura IV.9-1: Definición de Subcuencas.	46
Figura IV.9-2: Laguna de retención Biblioteca.	47
Figura IV.9-3: Laguna de retención Biblioteca.	47
Figura IV.9-4: Ubicación de Subcuenca de ejemplo.	48
Figura IV.9-5: Bocas de desagüe de Subcuenca C-4.....	50
Figura IV.10-1: Ubicación de Nudos.....	52
Figura IV.11-1: Representación de Conductos.....	53
Figura IV.12-1: Ubicación de los puntos de Disposición Final o Vertido.....	57
Figura V.3-1: Zonas Campus UCC (Fuente: Propia).	61
Figura V.3-2: Relevamiento Georeferencial.....	62
Figura V.3-3: Mapa de los ecosistemas de Argentina. (Fuente: http://www.argentinaxplora.com).....	64
Figura V.3-4: Herbario (Fuente: Elaboración propia).	65
Figura V.3-5: Medición de la circunferencia de un árbol (Fuente: Fondo Nacional Del Ambiente Perú).	66
Figura V.3-6: Distribución de arboles por especies (Fuente: Propia). ...	70
Figura V.3-7: Timbó (Enterdobiumcontortisiliquum) Fuente: Propia. ..	71
Figura V.3-8: Algarrobo (Prosopissp) Fuente: Propia.....	71
Figura V.3-9: Sauce (Salixhumboldtianawilld) Fuente: Propia.	72
Figura V.3-10: Ciprés (CupressusSempervirens) Fuente: Propia.....	72
Figura V.3-11: Eucalipto Eucalyptussp (Fuente: Propia).....	73
Figura V.3-12: Olmo (Ulmussp) Fuente: Propia.	73
Figura V.3-13: Roble (QuercusRobur) Fuente: Propia.....	74



Figura V.3-14: Álamo (Populus sp) Fuente: Propia.	74
Figura V.3-15: Manzano de campo (Ruprechtia Apetala) Fuente Propia.	75
Figura V.3-16: Fresno (Fraxinus Americana) Fuente: Propia.	75
Figura V.3-17: Cedro (Cedrus sp) Fuente: Propia.	76
Figura V.3-18: Pino (Pinus sp) Fuente: Propia.	76
Figura V.7-1: PCA 1.	87
Figura V.7-2: PCA 2.	88
Figura V.7-3: PCA 3.	88
Figura VI.3-1: Laguna de Retención.	91
Figura VI.3-2: Ubicación de la Zanja de Infiltración.	92
Figura VI.5-1: Sección, Zanja de Infiltración.	93
Figura VII.3-1: Curvas de Nivel.	98
Figura VII.3-2: Modelo TIN.	99
Figura VII.3-3: Modelo Raster.	100
Figura VII.4-1: Red de drenaje (Runoff).	100
Figura VII.5-1: Red de drenaje en imagen satelital.	102
Figura VII.5-2: Red de drenaje geomorfológica del Campus.	103
Figura VIII.3-1: Las tres etapas del proceso de erosión.	105
Figura VIII.3-2: Erosión de una gota de agua.	106
Figura VIII.5-1: Erosión ligera.	112
Figura VIII.5-2: Erosión moderada.	112
Figura VIII.5-3: Erosión severa.	113
Figura VIII.5-4: Erosión grave.	113
Figura VIII.5-5: Erosión muy grave.	114
Figura I.1-1: Zonas de estacionamiento.	120
Figura I.1-2: Zona 1: Estacionamiento Facultad de Ingeniería.	122
Figura I.1-3: Zona 1: Estacionamiento Facultad de Ingeniería.	123
Figura I.1-4: Zona 1: Estacionamiento Facultad de Ingeniería. Autos mal estacionados.	123
Figura I.1-5: Grado de utilización. Escala cromática.	124



Figura I.1-6: Zona 2: Estacionamiento Techado.	126
Figura I.1-7: Zona 2: Estacionamiento Techado.	126
Figura I.1-8: Grado de utilización. Escala cromática.	127
Figura I.1-9: Estudio Zona 6 acotada: Estacionamiento Facultad de Derecho.....	127
Figura I.1-10: Grado de utilización. Escala cromática.	128
Figura I.1-11: Estacionamiento de Combis.	132
Figura I.1-12: Señal Vertical, no reglamentaria.	132
Figura I.1-13: Combi mal estacionada.....	133
Figura I.1-14: Dársena mal utilizada.	133
Figura IX.6-1: Fisura.	141
Figura IX.6-2 – Reductor de velocidad inapropiado.	142
Figura IX.6-3 – Reductor de velocidad bien resuelto (senda peatonal a nivel de vereda).	142
Figura IX.6-4 – Bache.	143
Figura IX.6-5 – Bache.	143
Figura IX.6-6 – Esguerramiento incompleto – Pendientes insuficientes.	144
Figura IX.6-7 – Esguerramiento incompleto – Pendientes insuficientes.	144
Figura IX.6-8: Campus UCC. Pavimento rígido en buen estado.	150
Figura IX.6-9: Ubicación del testigo.	151
Figura IX.6-10: Testigo.	151
Figura IX.6-11: Medición superficie de rodadura.	152
Figura IX.6-12: Marcas de VT1/VT2 – Radios de giro insuficientes. .	164
Figura IX.6-13 - Marcas de VT1/VT2 – Radios de giro insuficientes.	165
Figura IX.6-14 – Señal vertical velocidad máxima – deteriorada.	167
Figura IX.6-15 – Señal vertical prohibido estacionar – deteriorada.	168
Figura IX.6-16 – Señal vertical de precaución, no homologada.	168
Figura IX.6-17 – No homologada.....	169
Figura IX.6-18 – No homologada.....	169
Figura IX.6-19 – Deteriorada y no homologada.....	170
Figura IX.6-20 – Deteriorada.	170



Figura IX.6-21 – Deteriorada.....	171
Figura IX.6-22 – No homologada.....	171
Figura IX.7-1: Estacionamiento para discapacitados.....	172
Figura IX.7-2: Rampas bien resueltas.....	173
Figura IX.7-3: Veredas. Buen diseño y estado.....	173
Figura IX.7-4: Acceso a facultad apropiado.....	174
Figura IX.7-5: Acceso a facultad imposible para discapacitados.....	174



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN.



I. - INTRODUCCIÓN.

El proyecto de Trabajo Final 2011, se encuentra encuadrado dentro del plan de estudios vigente de la Carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería en la Universidad Católica de Córdoba (UCC).

Este trabajo final integrador se realizó en el marco de la UCC, ubicada al Sur-Oeste de la Ciudad de Córdoba Capital, asentada en la Avenida Armada Argentina al 3555.

El concepto general del siguiente Trabajo Final es realizar estudios interdisciplinarios, entre ellos hidrológicos, topográficos, geotécnicos, viales, urbanísticos y de planeamiento, con el fin de caracterizar e identificar los posibles problemas en el entorno, para así poder plantear soluciones o mejoras según el caso.

De esta manera se intenta perseguir el uso sustentable del suelo, compatibilizar el entorno y minimizar los efectos de la urbanización sobre el espacio que la rodea.

I.1.- OBJETIVOS.

El proyecto a desarrollar, durante el transcurso del dictado de la asignatura, debe brindar al alumno un ámbito técnico, en el cual bajo la supervisión y apoyo del cuerpo docente de distintas áreas de la Ingeniería Civil, generen en él las capacidades, competencias y criterios técnicos que le permitan llevar adelante un proyecto integrador de distintas áreas de incumbencia de la carrera.

I.1.a. - Objetivo General.

“Lograr resultados que tengan un impacto positivo sobre el entorno y sean considerados a un posible Master Plan del Campus de la Universidad Católica de Córdoba”

“El objetivo no es solo plantear modificaciones con el fin de no afectar el entorno sino también maximizar la calidad y comodidad de los servicios prestados a alumnos, docentes, personal administrativo, etc. mejorando la calidad de vida universitaria y laboral para todos aquellos que concurren a dicha institución.”



I.1.b. - Objetivos Particulares.

- Analizar los elementos de infraestructura que condicionan la operación del transporte urbano.
- Interpretar el sistema de transportes como un todo, asumiendo la interrelación entre los distintos medios.
- Identificar las problemáticas y realizar procedimientos de trabajo específicos para la solución de las mismas, aplicando además métodos básicos del planeamiento.
- Analizar causas, implicancias y características esenciales del uso del suelo en relación con los derechos personales y el bienestar comunitario.
- Analizar las características específicas de la zona de estudio, planteando modelos eficientes de estructura urbana.
- Analizar los instrumentos normativos del desarrollo urbano, y aplicar los procedimientos elementales del diseño urbano para la satisfacción de los requerimientos sociales.
- Identificación y estudio de la cuenca hidrológica del Campus de la Universidad Católica de Córdoba.
- Proyección de lluvias de diseño para distintos tiempos de recurrencia.
- Uso de herramientas de software para la modelación hidrológica de la zona.
- Obtención de parámetros de diseño a partir de la modelación.
- Definir el tipo de suelo en el Campus de la UCC.
- Realizar ensayos de suelos para caracterizar el perfil de suelo del Campus de la UCC.
- Parametrización de obra para el aprovechamiento y retención del agua de lluvia.



I.2.- ENFOQUE METODOLÓGICO.

La metodología a seguir durante el desarrollo del Trabajo Final, consistirá en la presentación a los alumnos de un proyecto que abarque todas las posibles áreas de incumbencia, o en caso de no poderse abarcar la totalidad, por lo menos tres de ellas.

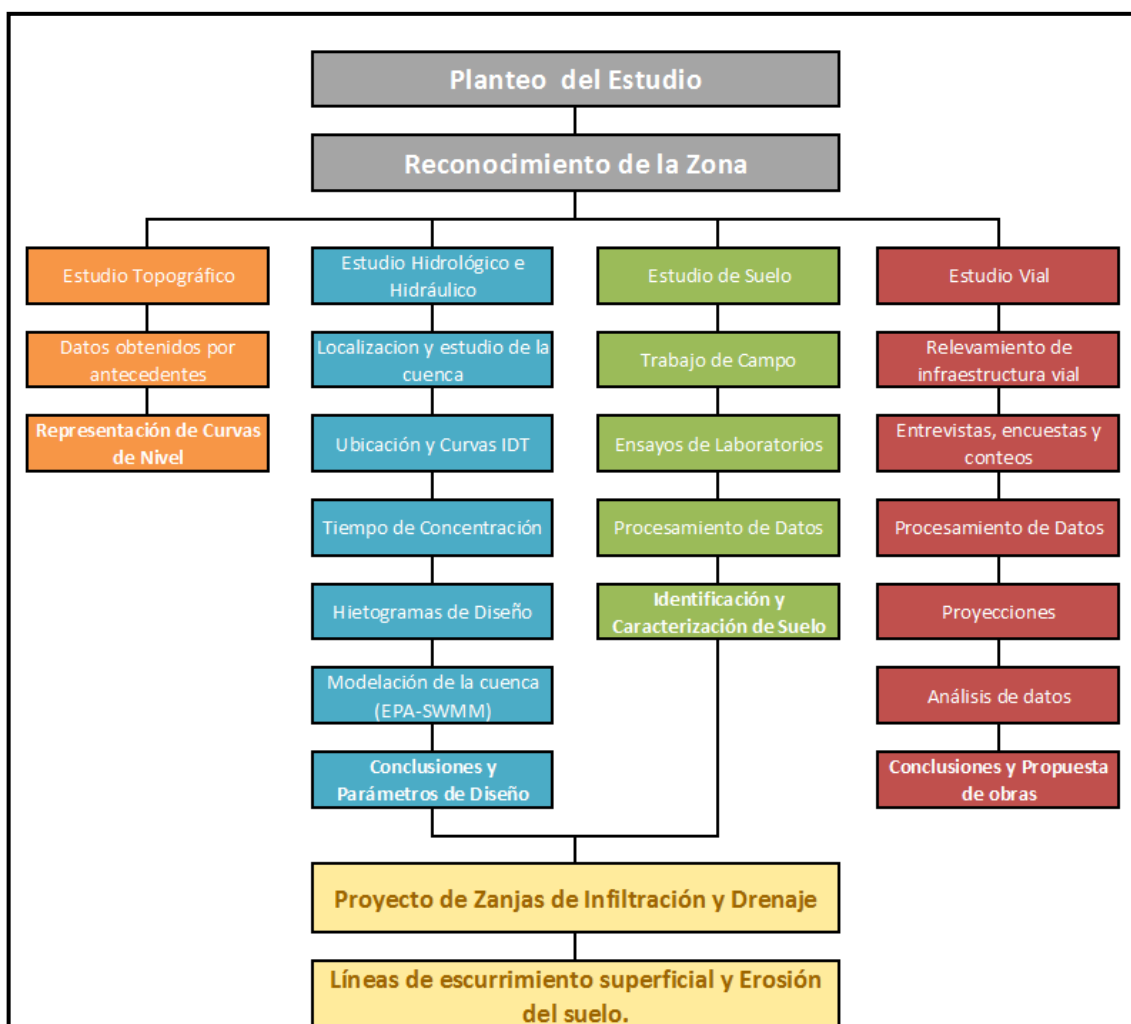


Figura I.2-1: Metodología de trabajo.



CAPÍTULO II

DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.



II. - DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.

II.1.- RESEÑA HISTÓRICA.

La Universidad Católica de Córdoba, fundada en 1956, es la primera Universidad Privada del país y única universidad argentina gestionada por la Compañía de Jesús.

La Universidad Católica de Córdoba forma parte de la red mundial de Universidades Jesuitas, presentes en más de 90 países, y es miembro activo de la red de Universidades Jesuitas de América Latina (AUSJAL). Participa además de diversas redes internacionales de universidades con las que tiene convenios de intercambio académico, doble titulación y colaboración recíproca.

La UCC cuenta en la actualidad con doce unidades académicas, en las que se dictan treinta y tres carreras de grado, dos de pre-grado y treinta y un carreras de postgrado.

Entre los postgrados –todos acreditados por la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación de Universidades (CONEAU)- se destacan cinco programas de doctorado; estos son el Doctorado en Medicina, el Doctorado en Política y Gobierno, Doctorado en Ciencias Agropecuarias; Doctorado en Microelectrónica y Doctorado en Ciencias Químicas.

Esta institución cincuentenaria convoca y reúne más de 8.000 estudiantes provenientes del territorio argentino y de otros países. A través de sus 11 Unidades Académicas, la Universidad Católica de Córdoba ofrece una amplia diversidad de áreas de estudio, a saber: Ciencias Agropecuarias, Arquitectura, Ciencia Política y Relaciones Internacionales, Ingeniería, Informática Derecho, Economía y Negocios, Bioquímica y Farmacia, Alimentos, Medicina, Filosofía, Historia, Literatura y Psicología.

II.2.- UBICACIÓN.

La Universidad Católica de Córdoba se encuentra localizada en la Ciudad de Córdoba, República Argentina y desarrolla sus actividades en diferentes instalaciones:

- **Sede Trejo**, ubicada en el centro de la ciudad de Córdoba, en Obispo Trejo 323, donde funcionan la Facultad de Filosofía y Humanidades y la Facultad de Educación. También aquí podemos encontrar el Instituto de Ciencias de la Administración (ICDA) y el Área de Intercambio Académico.



- **Campus universitario**, de 80 hectáreas. Está situado a 10 Km. del centro de la ciudad y es el ámbito donde funcionan 7 Facultades: Ciencias Químicas; Derecho y Ciencias Sociales; Ciencias Agropecuarias; Arquitectura; Ciencias Económicas y de Administración; Ciencia Política y Relaciones Internacionales; e Ingeniería.

- **Facultad de Medicina/Clínica Reina Fabiola**, ubicada en Jacinto Ríos N° 571 de Barrio General Paz (Ciudad de Córdoba).

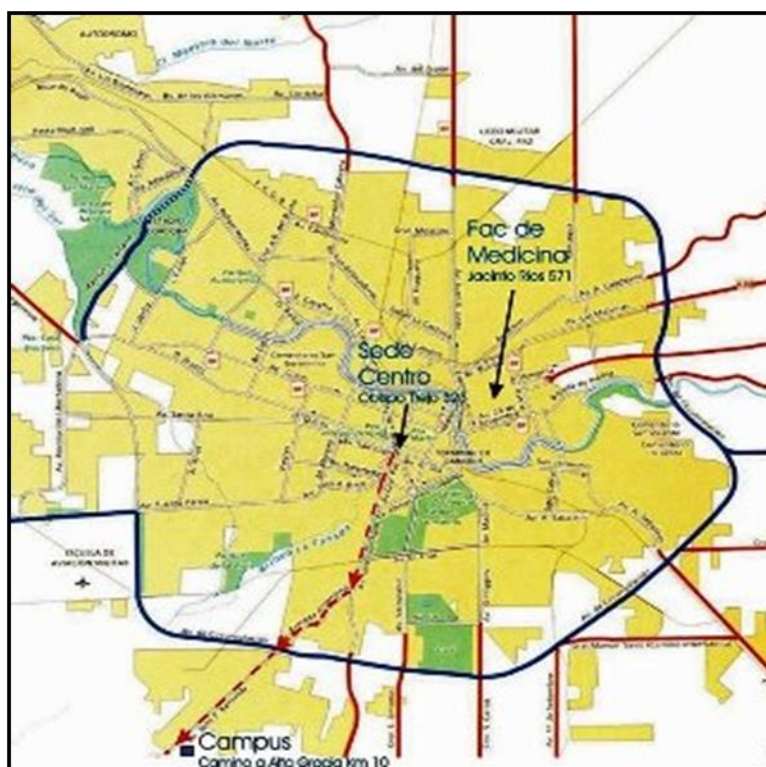


Figura II.2-1: Mapa ubicación sedes, UCC.



II.3.- GEOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA.

La ciudad de Córdoba está ubicada en la región argentina conocida como Llanura Pampeana, en el límite con las Sierras Pampeanas, al pie del monte. Administrativamente la provincia pertenece a la Región Centro. La mancha urbana se extiende sobre ambas márgenes del río Suquía, cubriendo el territorio sobre la primera y segunda barranca. Las mismas son de Loess y fueron erosionadas por el río en tiempos remotos, siendo su relieve ligeramente ondulado. En el trazado urbano se mezclan zonas llanas en donde se ubicaría el campus de la Universidad Católica de Córdoba, pendientes suaves y colinas bajas.

De acuerdo a las leyes provinciales nro. 778 del 14 de diciembre de 1878, nro. 927 del 20 de octubre de 1883 y nro. 1295 del 29 de diciembre de 1893, el ejido es un cuadrado de 24 km de lado, totalizando un área de 576 km². Sus límites están a 12 km de la Plaza San Martín, centro de la ciudad. Por las citadas leyes, Córdoba es oficialmente el único municipio del departamento Capital. Actualmente tiene diferendos con las vecinas Estación Juárez Celman, Saldán y Villa Allende que poseen parte de sus ejidos en el vértice noroeste del mismo.

Linda al norte con el departamento Colón. Al este con el departamento Colón (norte del río Suquía) y el departamento Santa María (al sur del río Suquía). Al sur limita con el departamento Santa María, y al oeste con el departamento Santa María (al sur del río Suquía) y el departamento Colón (al norte del río Suquía). Córdoba está delimitada al norte por el paralelo 31° 18' 30" S, al este por el meridiano 64° 03' 27" O, al sur por el paralelo 31° 31' 30" S y al oeste por el meridiano 64° 18' 35" O, con una altura sobre el nivel del mar entre los 352 m (hacia el este, en la intersección del río Suquía con el límite este) y los 544 m (en el vértice suroeste de la ciudad)

El campus de la Universidad Católica de Córdoba se ubica en las coordenadas 31°29'13,7" S 64°14'30,25" O. a una elevación de 481 msnm.

Está emplazado a las afueras de la ciudad, más allá de la avenida de circunvalación comunicado con la ciudad a través de la ruta provincial n° 5 que comunica Córdoba Capital con la ciudad de Alta Gracia, denominada en el sector Av. Armada Argentina. Se encuentra a una distancia del Centro, medida desde la plaza San Martín, en línea recta de aproximadamente 10 Km.



Figura II.3-1: Zona de estudio. Ubicación del Campus respecto al centro de la Ciudad
(Fuente: Google Earth)

Los límites del campus esta definidos al Oeste por la ruta provincial nº5 (Av. Armada Argentina), al Sur por terrenos privados, al Este y al Norte por el barrio Santa Isabel, este es un Barrio residencial de clase media o media-baja, no se caracteriza por ser un barrio seguro, lo cual ha originado en el pasado problemas de robos tanto en el sistema de transporte público como en el privado.

II.4.- CLIMA DEL SECTOR.

Pese a su latitud, el clima de la ciudad de Córdoba, como el de la mayor parte de la provincia, es templado moderado con las cuatro estaciones bien definidas. En términos generales el clima es pampeano, de inviernos no muy fríos y poco lluviosos. Los veranos son húmedos, con días calurosos y noches frescas. Los vientos del Este y del Oeste son raros, de corta duración y poca intensidad. En primavera soplan con fuerza creciente principalmente del Norte y el noreste a medida que un centro de depresión ciclónica se define en el frente polar. En el verano frecuentemente se producen tormentas eléctricas e incluso granizo.

Factores para que la temperatura sea en promedio más fresca que en otros sitios del planeta a latitudes semejantes son: la altitud y, sobre todo, el ubicarse la provincia en la diagonal eólica de los vientos pamperos, vientos fríos que soplan desde el cuadrante sudoeste, originados en la Antártida.

Por otra parte, dada la mediterraneidad, las variaciones o amplitudes térmicas son mayores que en la costa atlántica, siendo además menor la precipitación anual, de alrededor de 800 mm/año. Su temperatura media anual ponderada en todo el siglo XX fue de 18 °C. En enero, mes más cálido del verano austral, la máxima media es de 31 °C y la mínima de 17 °C. En julio, mes más frío, las temperaturas medias son de 19 °C de máxima y 4 °C de mínima. Aún en invierno son frecuentes días algo cálidos, debido a la influencia del viento Zonda. Las nevadas son poco frecuentes, las últimas se registraron en 1984, 2007 y 2009. Por su parte, los tornados si bien son un evento climático poco común en esta zona del planeta, también se han registrado, como el de 2003.

Dada la extensión del conurbado, existe una diferencia de 5 °C ó más entre el área céntrica y la periferia. El área céntrica, densamente edificada y ubicada en una depresión, es el núcleo de una importante isla de calor.

El campus se encuentra fuera de esta zona más calurosa, casi al límite del departamento Capital y sufre la diferencia de temperatura con respecto a la zona centro.

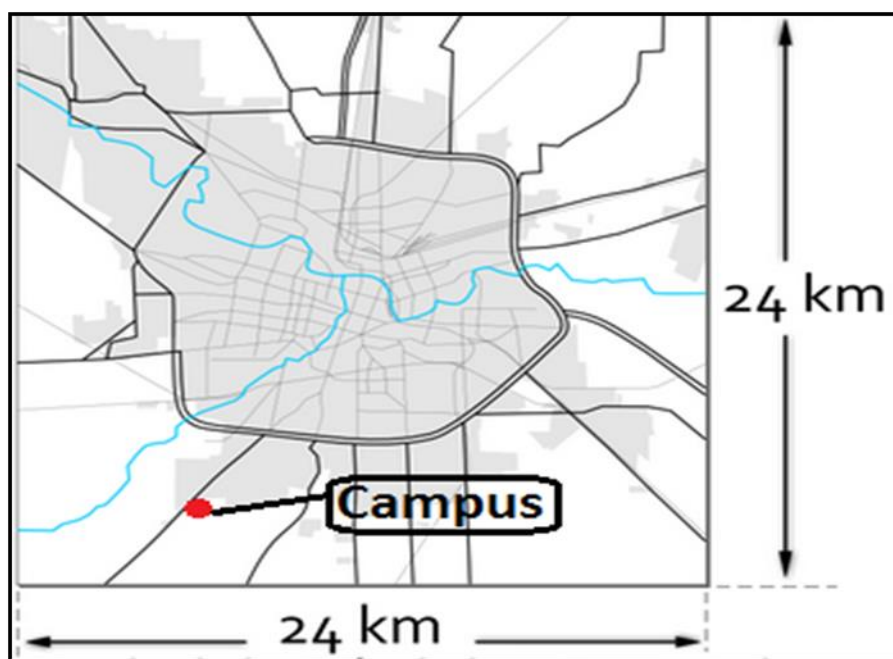


Figura II.4-1: Temperaturas de la Ciudad de Córdoba.



II.5.- RELEVAMIENTO DE ANTECEDENTES Y DE ESTADO DEL ARTE.

Previo a llevar a cabo el proyecto de tesis, se listan a continuación los antecedentes respectivos a la zona de estudio:

Legajos técnicos entregados por la *Dirección de Obras Viales de la Provincia de Córdoba*:

- [1] - Cuencas y divisorias de agua de la Ciudad de Córdoba incluyendo la zona de estudio, campus de la Universidad Católica de Córdoba (UCC), (s/f);
- [2] - Normas para la presentación de proyecto de infraestructura vial y de drenaje;
- [3] - Curvas IDT (intensidad-duración-frecuencia);
- [4] - Infraestructura vial de los barrios aledaños Villa El Libertador y Santa Isabel (paquete estructural adoptado, perfil transversal tipo para pavimentos de H°, pliegos de especificaciones técnicas, memorias descriptivas, planialtimetría, cómputos métricos, detalles constructivos, etc.);

Legajos técnicos entregados por la *Dirección General de Catastro*:

- [5] - Carta IGM (Instituto Geográfico Nacional), Escala 1:50000 Equidistancia 10 metros (1970);
- [6] - Plano de manzana del campus UCC (s/f);

Legajos técnicos entregados por la *Dirección Provincial de Agua y Saneamiento*:

- [7] - Mapa geológico-geomorfológico de la ciudad de Córdoba y su entorno (2004);
- [8] - Tesis “Caracterización Geohidrológica del área Sur de la Ciudad de Córdoba”. Alumno: David Palacio. Departamento de Geología aplicada de la UNC;

Legajos técnicos entregados por el *Rectorado del Campus*:

- [9] - Plano de arquitectura del campus UCC (s/f);
- [10] - Plano de servicios subterráneos UCC (s/f);



[11] - Curvas de nivel con equidistancia 1 metro Campus UCC (s/f);

[12] - Estudio de suelos del geólogo Marcelo C. Amuchástegui (mp. 237 – Cba), en el sector del Campus de la UCC, Córdoba (2007);

Legajo técnico entregado por la *Ing. María Pía Cruz*:

[13] - Estudio de suelos de la firma ARRT Ingenieros consultores, en la facultad de Ingeniería del Campus de la UCC, para la obra ascensor (2011).

La búsqueda de antecedentes para realizar el proyecto de Trabajo Final se basó en la visita a varias oficinas como La Dirección General de Catastro, Municipalidad de Córdoba, Dirección de Obras Viales de la Provincia de Córdoba y Secretaría de Minería.

La primera visita fue a la dirección de Catastro en busca de la carta IGM. Para conseguirla se tuvo que realizar el timbrado, parte necesaria del trámite, en la sucursal del Banco de Córdoba más cercana. Luego se procedió a digitalizar la carta IGM en formato JPG y en TIF.

En la Municipalidad se averiguaron datos sobre el uso de suelo, factor de ocupación y ordenanzas correspondientes al Campus de la UCC. En la oficina de Planeamiento ubicada en el séptimo piso del edificio, se informó que el uso de suelo del Campus es Institucional y por lo tanto no tiene índices.

Se entiende por uso de suelo institucional cuando la actividad predominante que se desarrolla en un inmueble está referida a equipamientos relacionados con la salud, educación, gobierno, recreación, justicia.

En el mismo edificio también se buscó información sobre los servicios de gas, cloacas, desagües, etc., pero no se obtuvo ningún dato sobre ellos, solo la recomendación de ir a la Dirección de Obras Viales ubicada sobre las calles Paso de los Andes y Laprida.

Una vez en Obras Viales, el personal de esta Dirección brindó toda la información que estuvo a su alcance. Se consiguieron las Normas para la presentación de proyecto de infraestructura vial y de drenaje, en donde especifica los requisitos y la forma de presentación. Asimismo, facilitaron: las cuencas de la Ciudad de Córdoba en formato CAD y Curvas IDT, datos muy importantes para la parte hidrológica del proyecto; planos de obras viales que se llevaron a cabo en los barrios aledaños al Campus, detalles constructivos, especificaciones técnicas particulares, planillas de cómputo métrico con sus ítems y presupuesto final, etc.



Para obtener los antecedentes que corresponden a la rama de Geología, como la carta geomorfológica, se investigó en la Secretaría de Minería situada en la avenida Hipólito Yrigoyen 401. Al no cumplir con el objetivo, se dirigió hacia la Dirección Provincial de Agua y Saneamiento, en donde se obtuvo una tesis con el nombre “Caracterización Geohidrológica del Área Sur de la Ciudad de Córdoba” de la Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, dependiente de la Universidad Nacional de Córdoba, que además de contener información interesante, incluye la carta geomorfológica.

Finalmente se verificó que los planos cumplieran con los requisitos mínimos de detalle y luego se digitalizaron aquellos que eran de utilidad, como curvas de nivel y alumbrado (por ejemplo).

Se realizó también una actualización de los planos encontrados del Campus de la Universidad Católica de Córdoba, ya que estos contenían modificaciones que diferían con la realidad.



CAPÍTULO III

ESTUDIO TOPOGRÁFICO.



III. - ESTUDIO TOPOGRÁFICO.

Los estudios topográficos fueron realizados en un principio, y en el transcurso del trabajo de campo se obtuvieron, mediante la búsqueda de antecedentes, planos y curvas de nivel con el detalle necesario como para dar por concluido los estudios topográficos, ver anexo plano N° 1.

Se corroboraron las pendientes de las calles con nivel óptico. Se pudo observar que dichos resultados eran coherentes con los datos del plano de curvas de nivel, ver anexo plano N° 7.

Estos planos sumados a los conseguidos en la Municipalidad de Córdoba y las Cartas del Instituto Geográfico Militar (IGM) fueron suficientes para continuar con el Trabajo Final (ver anexo).



CAPÍTULO IV

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO.



IV. - ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO.

IV.1.- OBJETIVO PRINCIPAL.

“Definir la Tormenta de Diseño para el diseño y verificación de dispositivos de mitigación de los efectos urbanísticos”.

Para lograr el objetivo planteado se dividió el trabajo en 2 etapas.

IV.1.a. - Objetivo de la primer etapa.

Definir la cuenca de aporte que afecta a la zona de estudio, materializar las curvas IDT (Curvas en Función de Intensidad-Duración-Frecuencia) correspondientes mediante el uso del modelo DIT y definir las características de la cuenca para así obtener la Tormenta de Diseño.

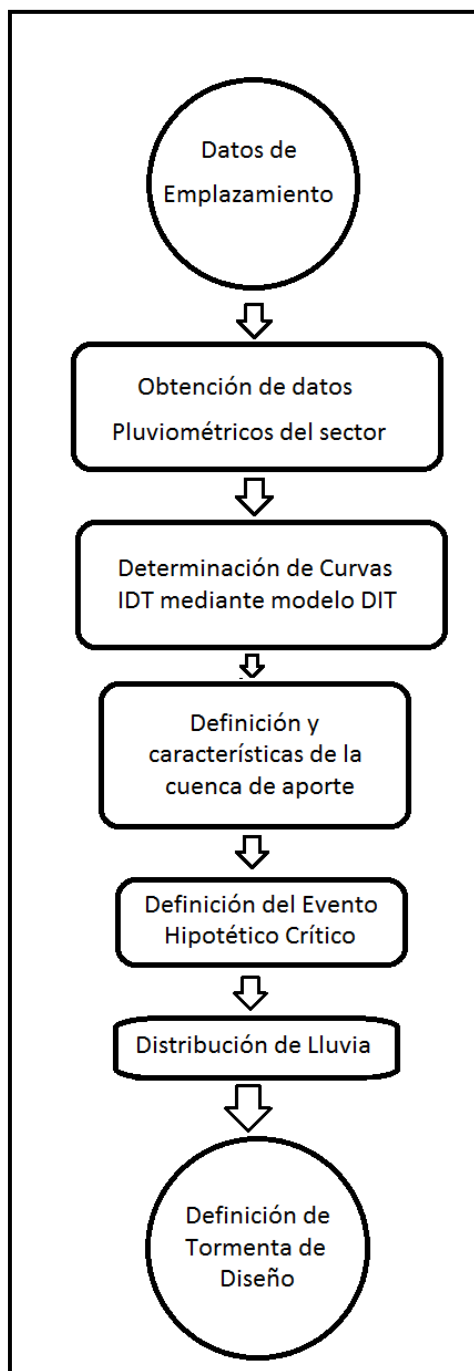
IV.1.b. - Objetivo de la segunda etapa.

Modelar mediante un modelo de transformación (lluvia-caudal) el área de estudio afectada por la cuenca y la tormenta de diseño, definidas en la primera etapa, obteniendo el caudal de diseño para el proyecto. Además se verificará la situación hidrológica del Campus Universitario.



IV.2.- METODOLOGÍA DE LA PRIMER ETAPA.

Para ésta etapa se planteó la metodología de trabajo de la siguiente manera:



IV.3.- LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA.

IV.3.a. - Localización.

La cuenca de aporte que se definió para el caso se muestra en la Figura IV.3-1.



Figura IV.3-1: Cuenca de aporte. (Fuente: Google Earth).

La cuenca abarca aproximadamente 65 [Has]. Está limitada hacia el Noroeste por la ruta provincial N° 9, hacia el Sur por un camino privado de tierra y escurre hacia el Noreste con una pendiente general del 1%. Los límites fueron establecidos de acuerdo a planos topográficos de la zona y mediante el uso de imágenes satelitales. Ver Plano N°1 y Fotografía satelital del área de estudio, ambos en el anexo.

La zona en cuestión no posee una normativa municipal específica, ya que según catastro está catalogada como "zona especial" debido a que se trata de una entidad educativa.



La misma pertenece a una proporción de la Cuenca N°35 del plano “Cuencas del Sector Sur de la Ciudad de Córdoba”. El mismo se adjunta en el anexo del presente trabajo.

No se la consideró en su totalidad ya que, como se puede ver en la fotografía satelital, las líneas de escorrentía se dirigen parcialmente hacia el predio del Campus de la UCC, por lo que definir una mayor superficie de aporte, solo sería sobredimensionar el proyecto.

IV.3.b. - Características generales de la zona.

Sección 1.1 - Geología.

Las características geológicas se definieron según el mapa geomorfológico (ver Mapa Geomorfológico - Área Sur en anexo) proporcionado por la *Secretaría de Minería de la Provincia de Córdoba*. Según nuestra zona de estudio (Zona Sur de Córdoba) las características de las cuencas en la región son las siguientes:

Geoformas de Acumulación:

Abanicos aluviales: este ambiente comprende restos de dos generaciones de abanicos aluviales que se acumularon durante el Pleistoceno Inferior y Medio a Superior respectivamente y una de abanicos aluviales y conos de deyección activos. Los dos primeros están compuestos por sedimentos fluvio-torrenciales entre los que se intercalan limos y arenas fluvio-eólicas y materiales loessoides. En el pie de las sierras se encuentran muy disectados y en algunos sitios, aterrazados; ocasionalmente forman lomas muy amplias, achatadas y de escasa altura.

Valles Fluviales: comprende desde los niveles más elevados de los principales valles, incluye los niveles superiores de terrazas, terrazas bajas, subniveles intermedios y planicies de inundación. El límite entre esta unidad y la llanura que la circunda, a veces, es gradual y muy difícil de establecer con precisión en el terreno, pues se confunde con algunas formas derivadas de la destrucción de la cubierta loéssica, sin embargo a nivel de imágenes satelitales es perfectamente visible. La planicie de inundación y terrazas bajas corresponde al lecho de inundación y niveles de terrazas bajas, parciales o totalmente inundables, y subniveles intermedios; se considera que el límite entre esta unidad y las terrazas altas coincide con la zona de influencia de inundaciones extraordinarias. Esta unidad se caracteriza por ser el área dominada por la dinámica hídrica actual de los ríos, aún en las zonas donde no se registren inundaciones periódicas.

Sección 1.2 - Parámetros de la cuenca.

A continuación se muestran los parámetros definidos en la cuenca en la Figura IV.3-2:

1. **Área:** 40 [Has] – 0,4 [Km²].
2. **Perímetro:** 2,6 [Km].
3. **Longitud del cauce principal:** 1,2 [Km].
4. **Pendiente del cauce principal:** 1 %.
5. **Altura máxima:** 488 [m].
6. **Altura mínima:** 476 [m].

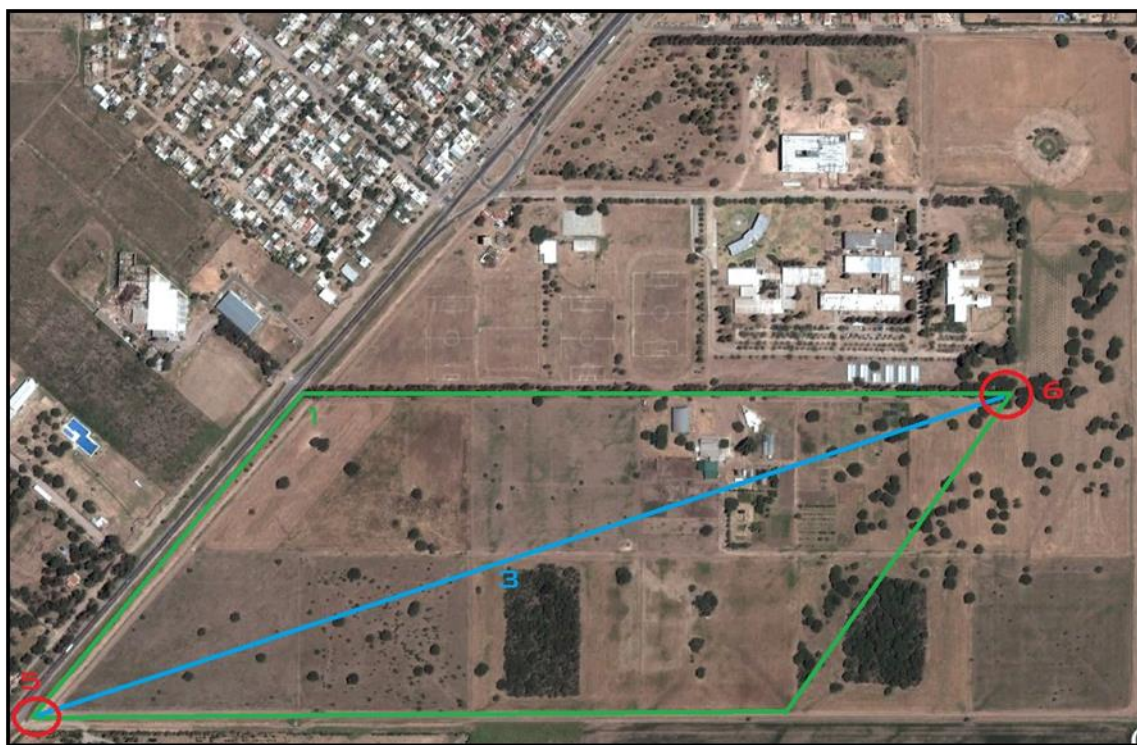


Figura IV.3-2: Parámetros de la cuenca. (Fuente: Google Earth).

Sección 1.3 - Datos climáticos.

Proporcionados por la *Estación meteorológica del Aeropuerto de Córdoba* (Fuente: <http://www.tutiempo.net/>), ver Tabla IV.3-1. Las medias no se consideraron representativas para los años en los que faltaban más de 10 días de datos según la fuente.



Longitud: -64.21

Latitud: -31.31

Altitud: -484m

Tabla IV.3-1: Medias de datos climáticos – Aeropuerto de Córdoba. Fuente:

Año	T	TM	Tm	PP	V	RA	SN	TS	FG	TN	GR
2000	16,7	24,2	10,9		12,6	125	1	49	19	0	2
2001	17,4		11,8		12,9	132	0	58	23	0	4
2003	17,6	25,4	11,4	975,13	13,7	110	0	55	24	0	5
2004	17,6	25,5	11,5	821,93	13,4	91	0	49	11	0	0
2006	18	26,1	11,6		13,9	93	0	53	19	0	1
2007	16,8	24,8	10,9		13,1	115	3	61	25	0	0
2008	17,9	25,9	11,6		12,8	93	2	51	12	0	2
2009	18,4	26,8	11,9	988,57	13,9	96	1	53	9	0	3
2010	17,4	25,5	11,3		13,2	112	1	54	17	0	2
Promedio	17,5	25,5	11,4	928,5	13,3	107,4	0,9	53,7	17,7	0,0	2,1

T: Temperatura media anual (°C).

TM: Temperatura máxima media anual (°C).

Tm: Temperatura mínima media anual (°C).

PP: Precipitación total anual de lluvia y/o nieve derretida (mm.).

V: Velocidad media anual del viento (Km/h).

RA: Total días que llovió durante el año.

SN: Total días que nevó durante el año.

TS: Total días con tormenta durante el año.

FG: Total días con niebla durante el año.

TN: Total días con tornado o nube embudo durante el año.

GR: Total días con granizo durante el año.



IV.4.- UBICACIÓN Y CURVAS IDT.

Cualquier obra de ingeniería civil, se ve seriamente afectada por los factores climáticos, uno de los principales y más importantes son las precipitaciones. Es por esto que estimar las lluvias en la zona que se va a llevar a cabo dicha obra se vuelve imprescindible para cualquier proyecto.

Para lograr estimar estas lluvias, es necesario contar con curvas I-D-T (Intensidad-Duración-Frecuencia), las cuales nos brindan información sobre cómo se relacionan éstos parámetros. El problema que se plantea, es que estas curvas no se encuentran normalmente disponibles ya que no se cuenta con datos hidrométricos y menos aún, con series pluviográficas, las cuales son utilizadas para su generación, por lo cual se recurre a técnicas de regionalización desde pluviógrafos base para estimarlas.

Una curva IDT es una relación matemática, generalmente empírica, entre la intensidad de una precipitación, su duración y la frecuencia con la que se observa. La probabilidad de las precipitaciones intensas puede caracterizarse mediante períodos de retorno, que no son más que la inversa de la frecuencia ($P=1/T$).

Las curvas IDT pueden tomar diferentes expresiones matemáticas, teóricas o empíricas, que se ajustan a los datos de precipitación de un determinado observatorio. Para cada duración (p.e. 5, 10, 60,...,1440 minutos), se estima la función de probabilidad empírica, y se fija una frecuencia o período de retorno determinado. Por lo tanto, la curva IDT empírica viene dada por la unión de los puntos de igual frecuencia de ocurrencia y diferente duración e intensidad. Así mismo, una curva IDT teórica o semi-empírica es aquella cuya expresión matemática se justifica físicamente, pero presenta parámetros que deben estimarse mediante ajustes empíricos.

Existen distintos métodos para regionalizar las funciones I-D-T, en este caso se utilizó el modelo DIT (Caamaño Nelli y García, 1999), basado en una FDP (función de densidad de probabilidad) lognormal.

En dicho modelo la intensidad (i [mm/hs]). Es obtenida mediante la siguiente fórmula:

$$\ln i_{d,t} = A \cdot \Phi_y - B \cdot \delta_y + C \quad (1)$$

Caamaño Nelli y García (1997) dedujeron la ecuación que permite reemplazar factor de frecuencia normal por periodo de retorno, ya que hasta entonces Φ_y se podía obtener a partir de T de tablas de la variable normal estándar, pero esto anulaba la posibilidad de llegar a soluciones analíticas e implicaban una pérdida de exactitud considerable para recurrencias altas. La ecuación deducida por Caamaño Nelli y García tiene la forma:

$$\Phi_y = 2,584458 \cdot (\ln T)^{3/8} - 2,232373 \quad (2)$$

Mientras tanto la función δ_y fue determinada mediante un análisis casuístico, mediante regresiones lineales entre $\Delta\mu$ (donde $\Delta\mu = \mu_d - \mu$, siendo μ_d , μ las medias de los logaritmos de las láminas de duración d y 1 día) y diversas funciones δ_y de la duración. La función obtenida fue:

$$\delta_y = (\ln d)^q \quad (3)$$

El parámetro q de la ecuación (3) proviene de las estaciones base de Córdoba que se utilizaron para ensayar el modelo, y es, en nuestro caso, igual a $5/3$.

Esto lleva a que el DIT sea un modelo de 4 parámetros, A , B , C y q (tres de calibración y uno fijo).

Los parámetros correspondientes a la zona en estudio son: $A=0,337$. $B=0,159$. $C=5,193$. $Q=5/3$.

Las curvas I-D-T obtenidas para valores de duración de lluvia van desde los 5 a los 1.440 [min] = 24 [hs]. Se demuestran en este caso acotadas a 60 minutos y se adjunta en el anexo las tablas de valores completos, ver Gráfico IV.4-1

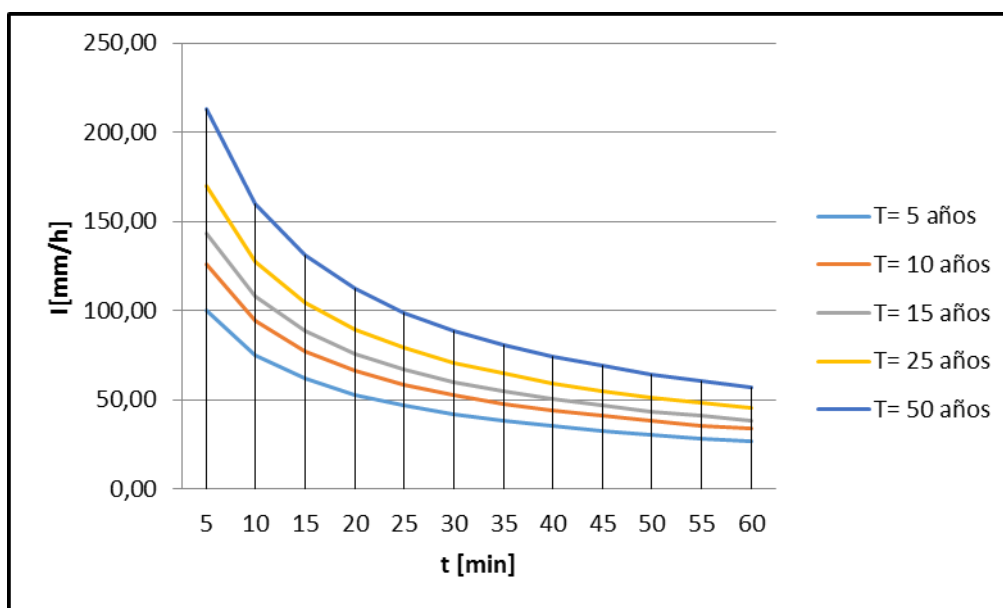


Gráfico IV.4-1: Curvas IDT proporcionadas por Modelo DIT (Fuente: Propia)

Si se compara estas curvas con las utilizadas por la Municipalidad de Córdoba, Gráfico IV.4-2:

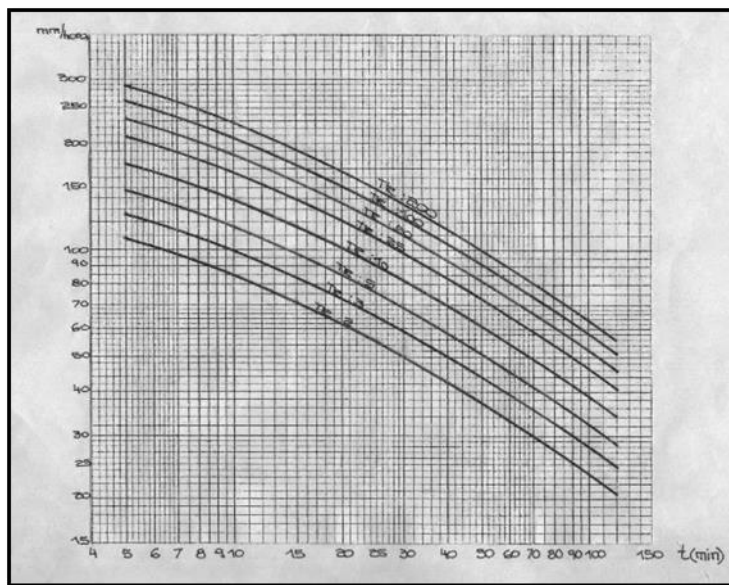


Gráfico IV.4-2: Curvas IDT (Fuente: Municipalidad de Córdoba).

Se aprecian diferencias significativas en cuanto a las intensidades obtenidas para lluvias de igual duración. Esto puede deberse a varios factores. Se cree que las diferencias radican principalmente en la lejanía de la zona de estudio a la estación pluviométrica utilizada por la Municipalidad ubicada en coordenadas $31^{\circ} 25'14''$ Sur, $64^{\circ} 11'53''$ Oeste elevación 426 msnm. Estas coordenadas corresponden a la estación Observatorio. También existe otra estación en el Aeropuerto Internacional de Córdoba, pero este se ubica en una zona aún menos conveniente.

Mientras que el Campus de la Universidad Católica de Córdoba tiene coordenadas $31^{\circ} 29'14''$ Sur, $64^{\circ} 14'33''$ Oeste elevación 484 msnm.

Lo que representa una distancia aproximada de 8,6 [km] entre la estación pluviométrica y el sector de estudio.

Además de las desiguales ubicaciones, el método utilizado por la Municipalidad para obtener sus curvas I-D-T (Intensidad-Duración-Frecuencia), es diferente, ya que utilizan una duración fija, o sea que en caso de necesitar datos para duraciones que no están en estas curvas, es imposible conseguirlos. Esto conlleva a que dichas curvas sean más conservadoras, dando



como resultado intensidades mayores (casi el doble para duraciones de pocos minutos) que las obtenidas por los cálculos realizados mediante el modelo DIT, utilizando valores de duración continuos.

En cuanto a la determinación de la tormenta de diseño, normalmente la duración (d) considerada, es igual al tiempo de concentración ($T_d = T_c$) obtenido para el área de aporte en estudio (el cual fue calculado como se verá posteriormente), debido a que al cabo de dicho tiempo la escorrentía alcanza su valor pico, al contribuir toda el área de aporte al flujo en la salida. Mientras que para el tiempo de recurrencia (T), se tomaron valores de 10 y 50 años siendo los resultados de este último valor solo una verificación.

IV.5.- TIEMPO DE CONCENTRACIÓN.

Definidas las características de la cuenca, se procede a calcular el tiempo de concentración " T_c ".

El tiempo de concentración T_c de una determinada cuenca es el tiempo necesario para que el caudal saliente se estabilice, es decir, que una partícula de agua llegue del punto más alejado de la cuenca al punto de estudio.

Para el T_c , la ocurrencia de una precipitación se supone de una intensidad constante sobre toda la cuenca y uniformemente distribuida.

Existen diferentes fórmulas que se adaptan a distintos casos para determinar el T_c , ver Tabla IV.5-1:

Tabla IV.5-1: Tiempos de Concentración. (Fuente: V.T. Chow, 1987)

TIEMPO DE CONCENTRACION		
Método y fecha	Fórmula para t_c (min)	Observaciones
Kirpich (1940)	$t_c = 0.0078 L^{0.775} S^{-0.385}$ L = longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida, pies S = pendiente promedio de la cuenca, pies/pie	Desarrollada a partir de información del SCS en siete cuencas rurales en Tennessee con canales bien definidos y pendientes empinadas (3 a 10%); para flujo superficial en superficies de concreto o asfalto se debe multiplicar t_c por 0.4; para canales de concreto se debe multiplicar por 0.2; no se debe hacer ningún ajuste para flujo superficial en suelo descubierto o para flujo en cunetas.
Izzard (1946)	$t_c = \frac{41.025(0.0007i + c)L^{0.33}}{S^{0.333}i^{0.463}}$ i = intensidad de lluvia, pulg/h c = coeficiente de retardo L = longitud de la trayectoria de flujo, pies S = pendiente de la trayectoria de flujo, pies/pie	Desarrollada experimentalmente en laboratorio por el Bureau of Public Roads para flujo superficial en caminos y áreas de césped; los valores del coeficiente de retardo varían desde 0.0070 para pavimentos muy lisos hasta 0.012 para pavimentos de concreto y 0.06 para superficies densamente cubiertas de pasto; la solución requiere de procesos iterativos; el producto de i por L debe ser ≤ 500 .
Ecuación de retardo SCS (1973)	$t_c = \frac{100 L^{0.8} [(1,000/CN) - 9]^{0.7}}{1,900 S^{0.3}}$ L = longitud hidráulica de la cuenca (mayor trayectoria de flujo), pies CN = número de curva SCS S = Pendiente promedio de la cuenca, %	Ecuación desarrollada por el SCS a partir de información de cuencas de uso agrícola; ha sido adaptada a pequeñas cuencas urbanas con áreas inferiores a 2,000 acres; se ha encontrado que generalmente es buena cuando el área se encuentra completamente pavimentada; para áreas mixtas tiene tendencia a la sobreestimación; se aplican factores de ajuste para corregir efectos de mejoras en canales e impermeabilización de superficies; la ecuación supone que $t_c = 1.67 \times$ retardo de la cuenca.



Todas estas ecuaciones son empíricas, cada una de ellas esta calibrada para distintos casos, es por esto que se encuentra una gran variabilidad en los resultados obtenidos por cada una.

Para nuestro caso utilizamos la fórmula de Kirpich ya que al estar basada en resultados empíricos obtenidos por el método del *Soil Conservation Service*, tiene en cuenta las pérdidas debidas a abstracciones, depresiones e infiltración.

Por esa razón se decidió que la fórmula de Kirpich se ajustaba mejor a nuestro proyecto y proporcionaría resultados más coherentes.

Kirpich	26,94	minutos
Izzard	63,39	minutos
SCS	1646,66	minutos

Según la fórmula de Kirpich (adaptada a Sistema Métrico):

$$T_c = 0.06628 L^{0.77} S^{-0.385}$$

L: Longitud de la cuenca al punto más alejado (km).

P: Pendiente promedio de la cuenca (Valor Absoluto).

Tc: Tiempo de Concentración (Horas).

Según los datos relevados de la cuenca de aporte que hemos definido previamente:

$$T_c = 0,45 \text{ Horas} = 27 \text{ Minutos}$$

Tc adoptado: 30 Minutos.

Esto significa que una partícula de agua que escurre por la cuenca demora 30 minutos en llegar desde el punto más alejado a la zona de estudio, entonces el pico de la inundación llegará 30 minutos después del inicio de la tormenta, por lo tanto, **la duración del evento hipotético crítico, queda definido en 30 minutos.**



IV.6.- HIETOGRAMA DE PRECIPITACIÓN DE DISEÑO UTILIZANDO LAS CURVAS IDT.

A partir de la curva de intensidad-duración-frecuencia obtenida, se desarrolló el hietograma de diseño utilizando el método del bloque alterno, ver Tabla IV.6-1 y Gráfico IV.6-1.

Este hietograma es útil para especificar la profundidad de precipitación (lamina de diseño) que ocurre en intervalos de tiempo sucesivos de duración Dt sobre una duración total de $T_d = nDt$.

Se seleccionó para ello un periodo de retorno de diseño de 10 años (intervalo de tiempo promedio entre eventos de precipitación que igualan o exceden la magnitud de diseño), ya que el diseño del proyecto lo requiere como mínimo, y una duración de 30 minutos correspondiente al T_c .

Además se creó otro hietograma para un periodo de retorno de diseño de 50 años que se utilizará para la verificación del proyecto, ver Tabla IV.6-2 y Gráfico IV.6-2.

La intensidad se adquiere en forma directa de la curva IDT para cada uno de los T , considerando la duración definida. La profundidad de precipitación correspondiente se obtiene al multiplicar la intensidad y la duración.

Luego con las diferencias entre valores sucesivos de profundidad, se encuentra la cantidad de precipitación que debe añadirse por cada Dt .

Como en realidad, las lluvias no se comportan de mayor a menor, ya que en general se caracterizan por comenzar con poca intensidad, aumentar en el tiempo medio y disminuir en el final; los hietogramas obtenidos a partir de las curvas se ordenan de manera tal que la intensidad máxima se encuentre ubicada en el centro de la duración T_d , y que los demás bloques queden en orden descendente alternativamente hacia la derecha y hacia la izquierda del central para formar el hietograma de diseño.



Tabla IV.6-1: Método de Bloques Alternos – T = 10 años.

Método de Bloques Alternos - T = 10 Años				
t (min)	I (mm/h)	P (mm)	ΔP	ΔP ordenado para Hietograma
5	125,77	10,48	10,48	1,90
10	94,40	15,73	5,25	2,78
15	77,43	19,36	3,62	5,25
20	66,43	22,14	2,78	10,48
25	58,57	24,40	2,26	3,62
30	52,61	26,30	1,90	2,26

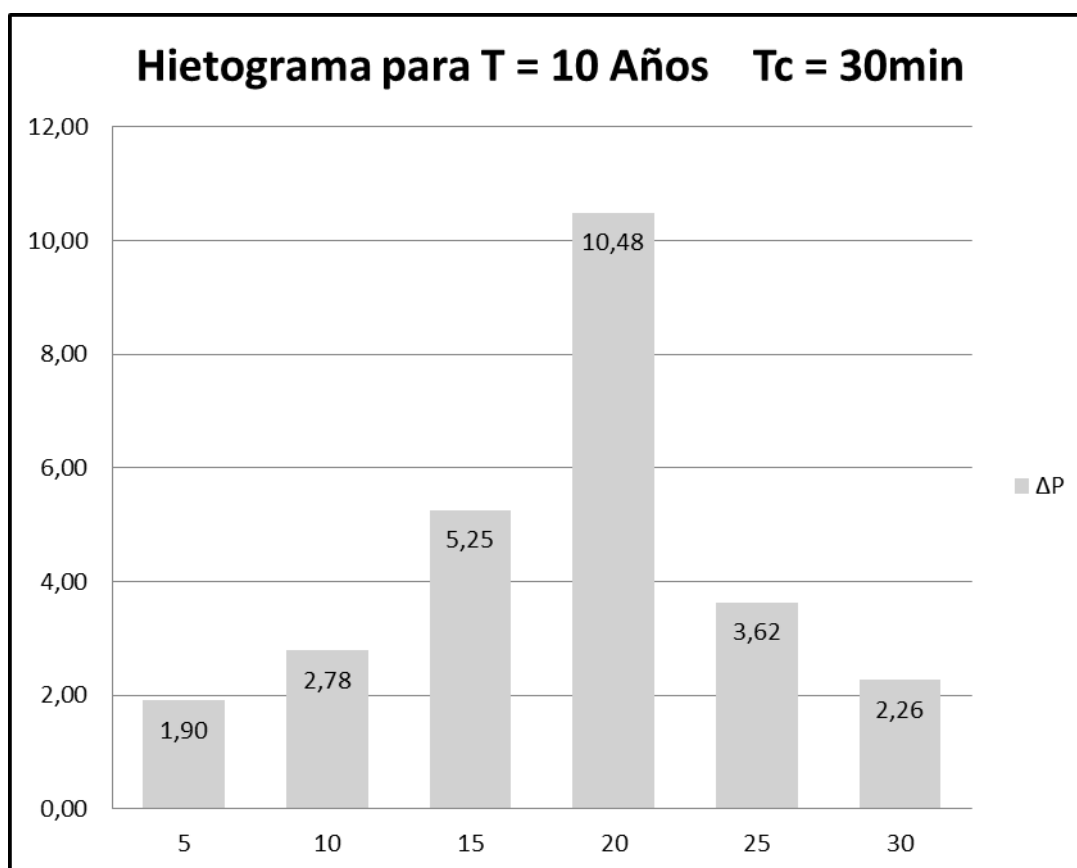


Gráfico IV.6-1: Hietograma para T: 10 Años.



Tabla IV.6-2: Método de Bloques Alternos – T = 50 años.

Método de Bloques Alternos - T = 50 Años				
t (min)	I (mm/h)	P (mm)	ΔP	ΔP ordenado para Hietograma
5	212,76	17,73	17,73	3,22
10	159,68	26,61	8,88	4,71
15	130,98	32,74	6,13	8,88
20	112,36	37,45	4,71	17,73
25	99,07	41,28	3,82	6,13
30	88,99	44,50	3,22	3,82

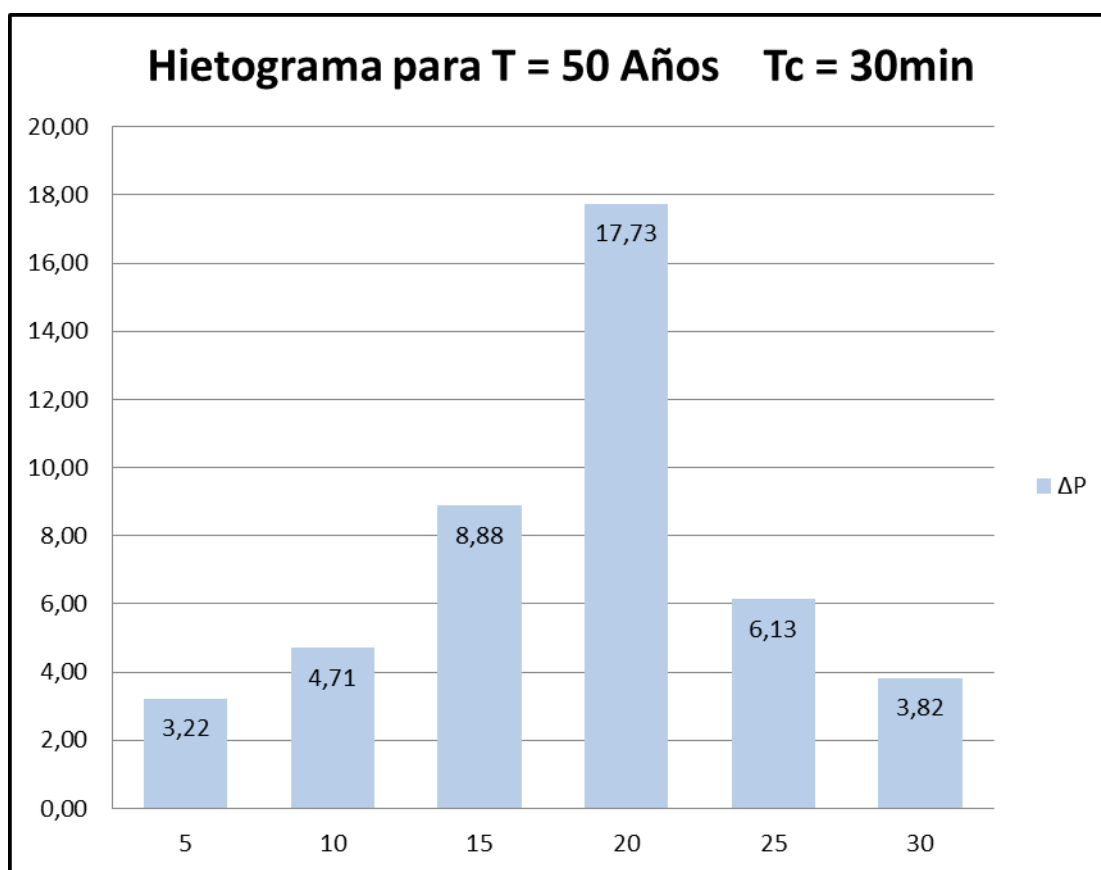
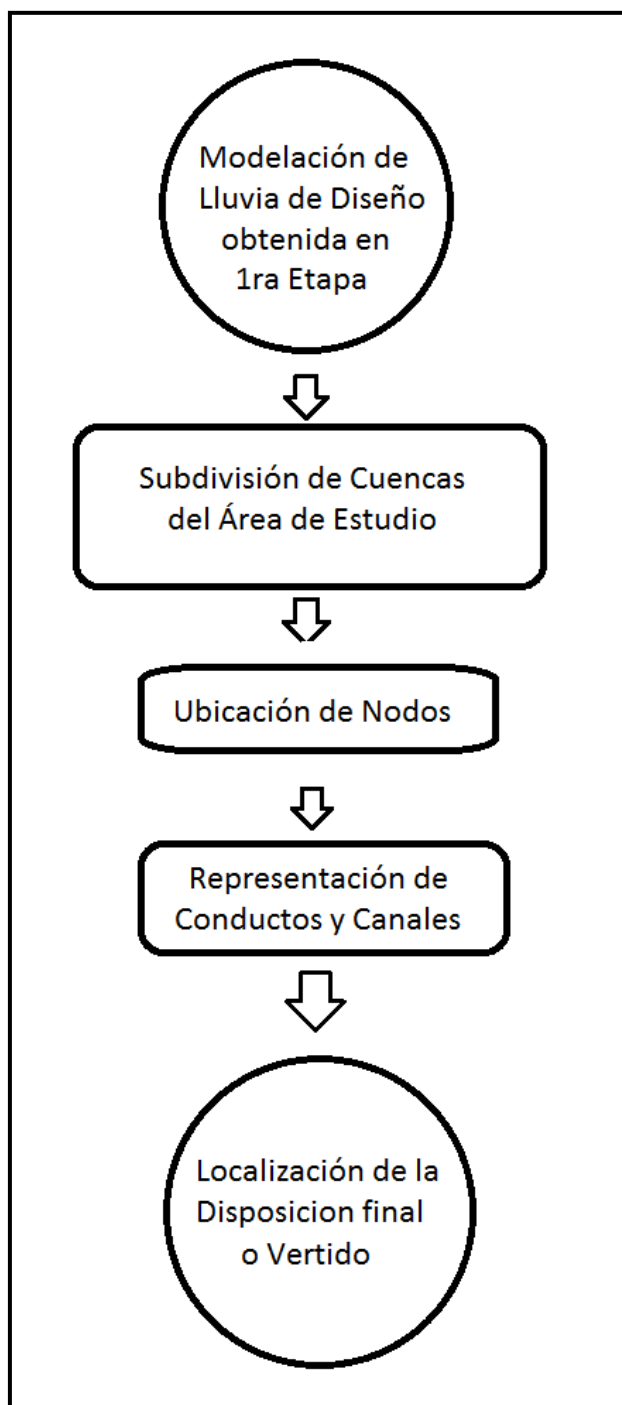


Gráfico IV.6-2: Hietograma para T:50 Años.

IV.7.- METODOLOGÍA DE LA SEGUNDA ETAPA.

Para la segunda etapa se planteó la metodología de trabajo de la siguiente manera:





IV.8.- MODELACIÓN DE LLUVIA DE DISEÑO.

Con la Lluvia de Diseño obtenida de la primera etapa, se procedió a realizar la modelación con el software EPA-SWMM 5.0, ver Tabla IV.8-1.

Se definieron dos periodos de recurrencia, los cuales poseen asignados los patrones de lluvia hipotéticos críticos, a saber:

- Tr: 10 años: requerido para verificación de obras existentes y diseño, ver Gráfico IV.8-1.
- Tr: 50 años: utilizado para verificación y evaluación de proyecto, ver Gráfico IV.8-2.

Tabla IV.8-1: Características de Lluvia de Diseño (Fuente: Propia).

Propiedad	Valor
Nombre	LLUVIA1
Coordenada X	1558.622
Coordenada Y	7818.760
Descripción	
Marca	
Formato de lluvia	CUMULATIVE
Intervalo de lluvia	00:05
Factor de corrección de nevadas	1.0
Origen de datos	TIMESERIES
SERIE TEMPORAL:	
- Nombre de la Serie	Tr10
ARCHIVO:	
- Nombre del Fichero	*
- ID Estación	*
- Unidades de lluvia	MM
Nombre de la serie temporal de datos de lluvia (hacer doble-click para editar la serie temporal)	

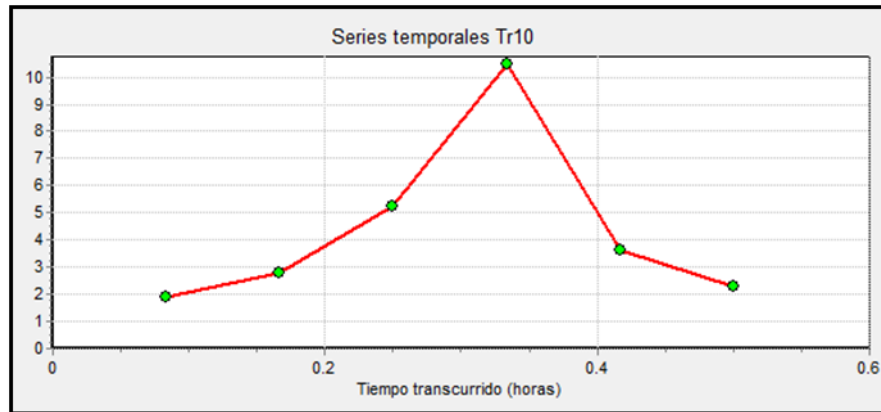


Gráfico IV.8-1: Serie para $Tr = 10$ años (Fuente: Propia).

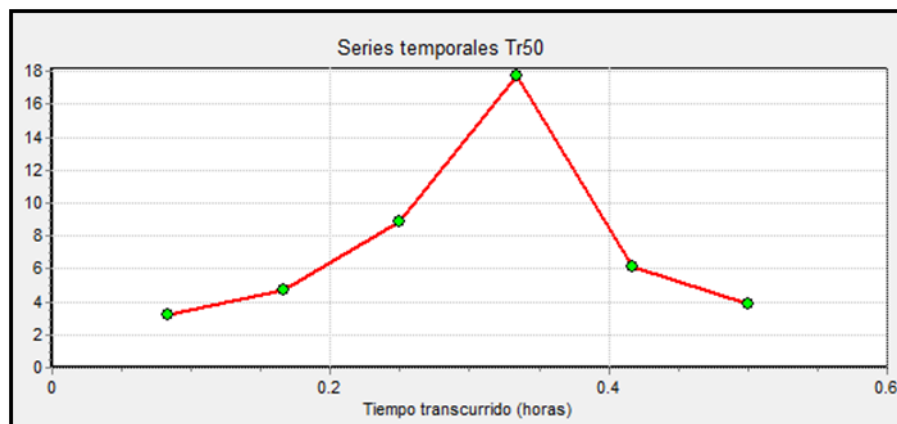


Gráfico IV.8-2: Serie para $Tr = 50$ años (Fuente: Propia).

IV.9.- ESQUEMA DE MODELACIÓN.

IV.9.a. - Definición de subcuencas.

A continuación se pauta como se establecieron las subcuencas mediante los siguientes criterios:

- Relevamiento de canales en el predio.
- Pendientes de escurrimiento superficial.
- Relevamiento de desagües naturales.
- Zonas impermeables.
- Relevamiento de recorrido de esorrentía en día de lluvia.

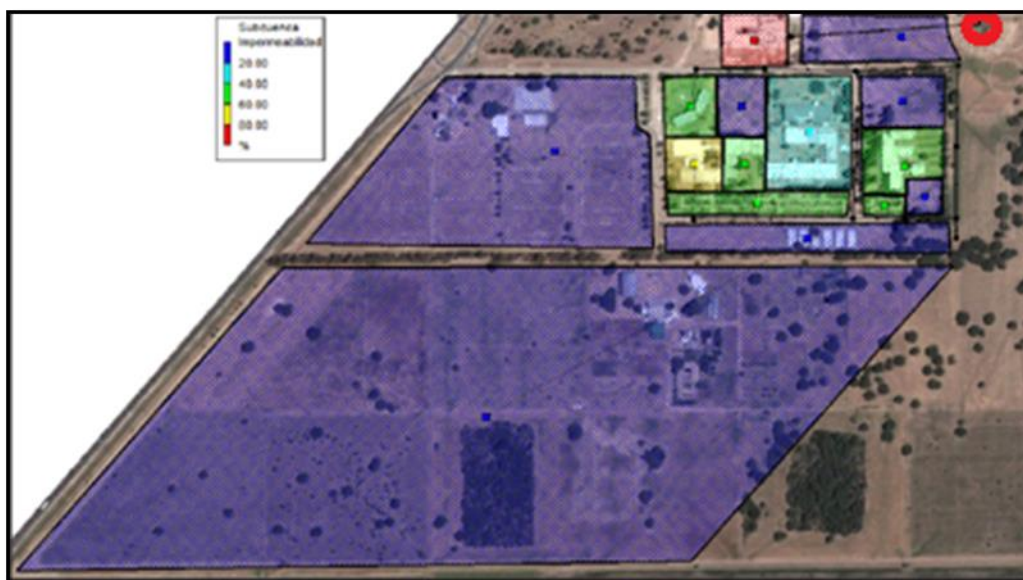


Figura IV.9-1: Definición de Subcuencas.

Se obtuvieron como resultado 15 subcuencas que conforman dos sistemas de desagüe independientemente uno de otro, ver Figura IV.9-1.

La subcuenca correspondiente a la zona de Biblioteca, conforma un sistema de desagüe independiente por un conducto circular de 60 [cm] de diámetro que es dirigido directamente a una laguna de retención sin salida de excedentes, ver Figura IV.9-2, Figura IV.9-3.



Figura IV.9-2: Laguna de retención Biblioteca (Fuente: Google Earth).

El volumen de la laguna de retención se determinó en base a mediciones indirectas, y su forma geométrica se la asemejó a un tronco cónico.



Figura IV.9-3: Laguna de retención Biblioteca (Fuente: Propia).

IV.9.b. - Parámetros de las subcuencas.

Una vez definidas las subcuencas, se utilizaron los datos de relevamiento, complementado con las herramientas de Google Earth y los planos de Auto CAD del Campus de la UCC, para obtener los siguientes datos:

- Área de cuenca.
- Ancho de descarga.
- Pendiente de cuenca.
- Superficie impermeable.
- “n” de Manning Área permeable e impermeable.
- Almacenamiento en Depresiones (Área permeable e impermeable).
- % de Área impermeable sin Alm. Dep.

Mostramos como ejemplo los datos adoptados para la Subcuenca C-4 Correspondiente a las Facultades de Cs. Químicas, Cs. Políticas y Cs. Económicas, ver Figura IV.9-4 y Tabla IV.9-1:



Figura IV.9-4: Ubicación de Subcuenca de ejemplo (Fuente: Propia).

Tabla IV.9-1: Parámetros de la subcuenca C-4 de ejemplo.

Propiedad	Valor
Nombre	C-4
Coordenada X	9743.215
Coordenada Y	7790.459
Descripción	Cs. Eco., Pol., Agro.
Marca	Cuenca
Pluviómetro	LLUVIA1
Descarga	N-4
Área	1.6
Ancho	2.2
Pendiente (%)	1
Área impermeable (%)	38
Coef. n (Impermeable)	0.015
Coef. n (Permeable)	0.035
Alm. Dep. (Impermeable)	0.05
Alm. Dep. (Permeable)	0.02
(%) Área Imperm. sin Alm	10
Flujo entre subáreas	OUTLET
(%) escorrentía transpor	100
Infiltración	CURVE_NUMBER
Almacenamiento en depresión del área impermeable (mm)	

Para este caso del ejemplo, al igual que en los demás casos, los parámetros de *Área*, *Pendiente (%)*, *Área impermeable (%)*, se establecieron mediante el empleo de software específico, en base a información digital.

El *Ancho* (refiriéndose al ancho de la sección por donde la cuenca se descarga) se definió mediante relevamientos de campo para cada cuenca en particular, como para este caso que la suma de las seis bocas de desagüe suman 2,20 [m].

En la Figura IV.9-5, se pueden observar las bocas de desagüe que corresponden a la Subcuenca C-4.



Figura IV.9-2: Bocas de desagüe de Subcuenca C-4 (Fuente: Propia).



Los “n” de Manning se establecieron según la bibliografía *Hidrología Aplicada* (Ven T. Chow) para cada tipo de terreno.

El *Almacenamiento en Depresiones* se fijó para las zonas impermeables un valor fijo de 0,05 [m], y para las zonas permeables se lo hizo variar entre 0,02 [m] y 0,08 [m] dependiendo del tipo de terreno, ya que en las zonas de terreno natural como por ejemplo la Subcuenca C-1, dicho almacenamiento es mayor que en una zona con suelo compactado.

El porcentaje de Área impermeable sin Alm. Dep., se fijó según el área calculada en Auto CAD correspondiente a veredas, cordones, calles, y todo tipo de zona impermeable que no tiene capacidad de almacenamiento.

Finalmente se definió para todos los casos un modelo de infiltración basado en el Método del SCS, ver Tabla IV.9-2.

Se calculó para la zona de estudio el Número de Curvas requerido para el modelo (El mismo se adjunta en el Anexo Hidráulica).

Tabla IV.9-2: Valores para Modelo de Infiltración por SCS
(Fuente: Propia).

Propiedad	Valor
Número de curva (CN)	60
Conductividad	0.5
Tiempo de secado	7

Número de curva de escorrentía del SCS, tabulado en la publicación "SCS Urban Hydrology for Small Watersheds"

Aceptar Cancelar Ayuda

IV.10.- NUDOS.

Los nudos son los puntos donde desemboca el agua proveniente de las subcuencas. Los mismos se definieron según la ubicación de los desagües correspondientes a cada una de ellas, ver Figura IV.10-1.

Estos nudos se definen con su cota, que fue obtenida del Plano N° 1 de Curvas de Nivel del Campus con equidistancia de 1 [m], y fue corroborado además con mediciones indirectas.

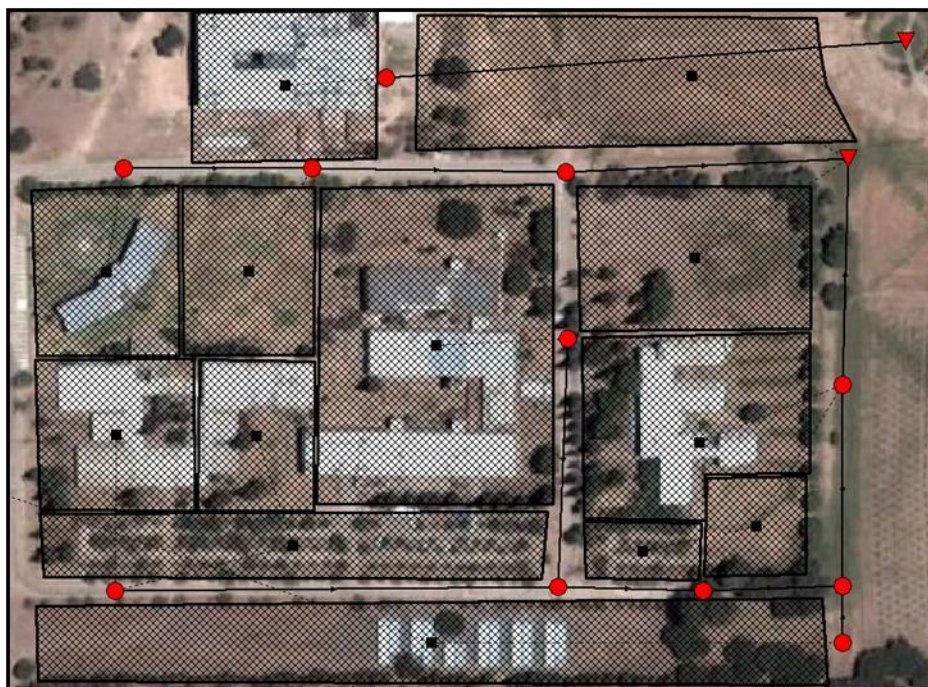


Figura IV.10-1: Ubicación de Nudos (Fuente: Propia).

IV.11.- CONDUCTOS.

IV.11.a. - Definición de vías de escurrimiento.

Los conductos son las conexiones que vinculan los nudos y representan el medio real por donde el agua escurre. Deben definirse mediante sus características geométricas reales.

Se definieron los conductos y canales de la siguiente manera, teniendo en cuenta que ya estaban representados los nudos, solo quedaba vincularlos, ver Figura IV.11-1.



Figura IV.11-1: Representación de Conductos (Fuente: Propia).



IV.11.b. - Características de las vías de escurrimiento.

A su vez, existen cuatro tipos de conductos según su geometría:

1. Perfil de calle de hormigón;
2. Perfil de calle de tierra;
3. Canal natural irregular;
4. Conducto circular.

Para cada tipo de conducto, se establecieron sus correspondientes parámetros, ver Tabla IV.11-1. Y se los diseñó según el relevamiento en el Campus, ver Gráfico IV.11-1, Gráfico IV.11-2, Gráfico IV.11-3 y Gráfico IV.11-4.

Tabla IV.11-1: Parámetros de los Conductos.

Conducto L-1	
Propiedad	Valor
Nombre	L-1
Nudo inicial	N-1
Nudo final	N-3
Descripción	
Marca	
Forma	IRREGULAR
Altura (Prof.Máx.)	1.00
Longitud	210
Coef. Manning (n)	0.015
Desnivel Entrada	0
Desnivel Salida	0
Caudal inicial	0
Caudal máximo	0
Coef. Pérd. Entrada	0
Coef. Pérd. Salida	0
Coef. Pérd. Medio	0
Compuerta antirretorno	NO
Código Paso Inferior	
Nombre asignado por el usuario al conducto	

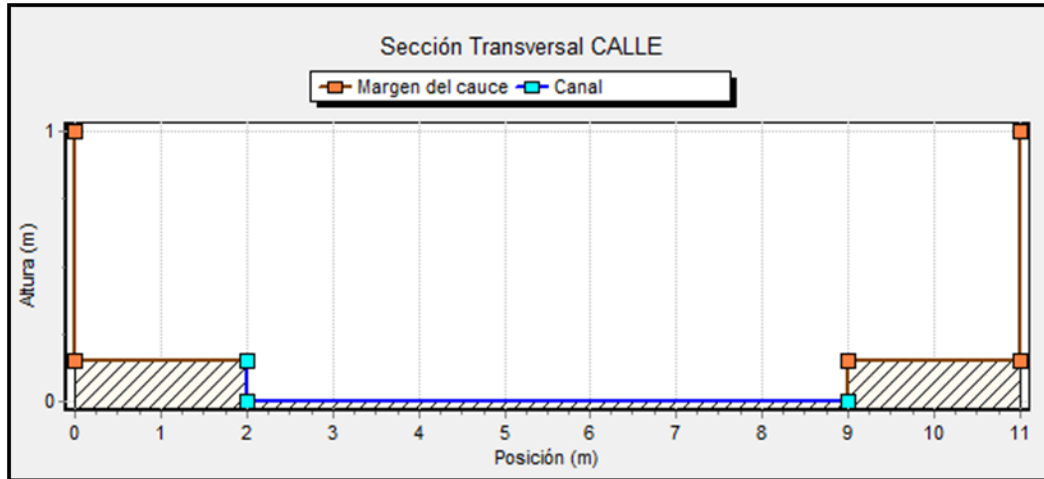


Gráfico IV.11-2: Sección Transversal de Perfil Calle de Hormigón.

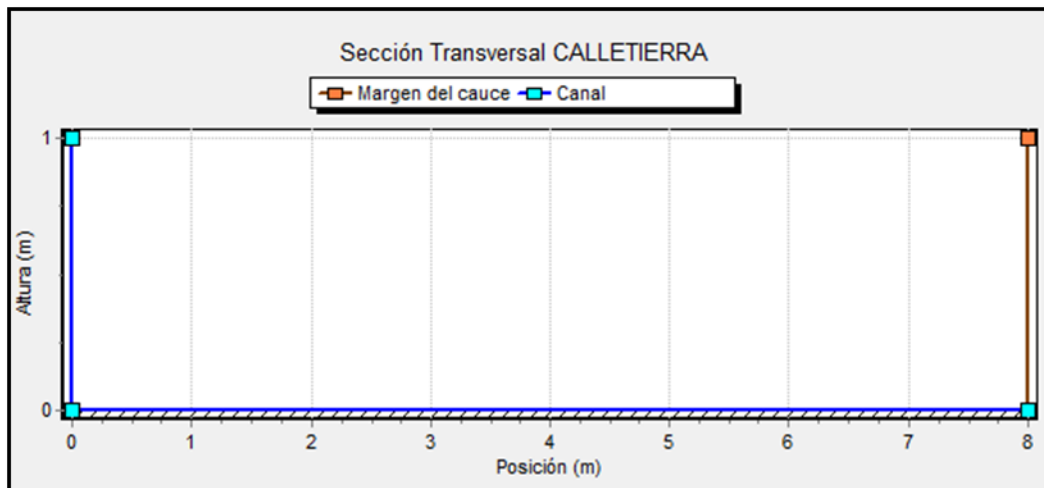


Gráfico IV.11-1: Sección Transversal de Perfil Calle de Tierra.

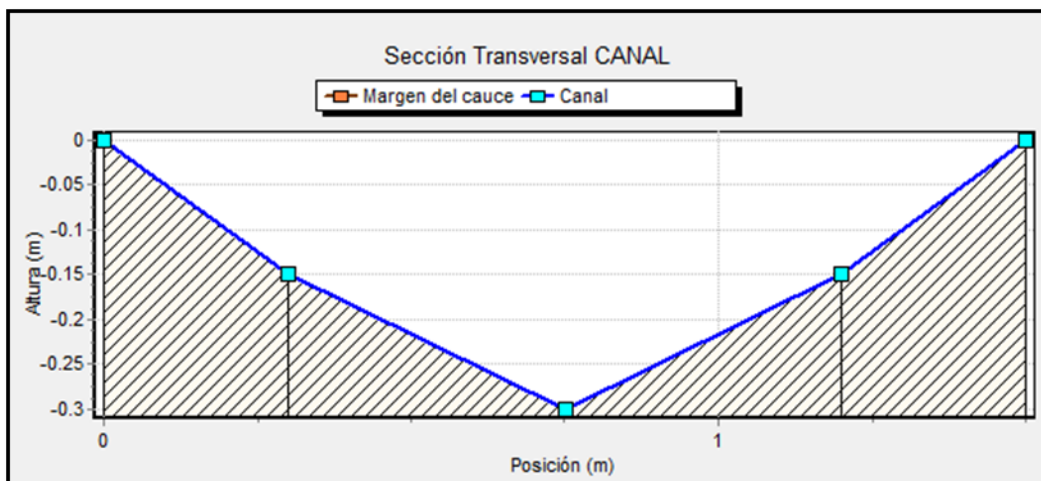


Gráfico IV.11-3: Sección Transversal de Perfil Canal Irregular Natural.

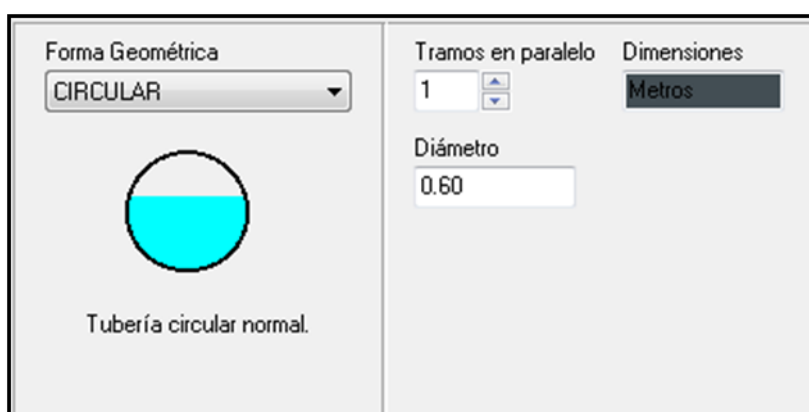


Gráfico IV.11-4: Sección Conducto Circular.

La *Longitud* de los conductos se definió según el Plano de Auto CAD del Campus y se verificó con el Google Earth que las distancias sean las correctas.

Finalmente se fijaron los “n” de Manning para cada tipo de canal según la bibliografía Hidrología Aplicada (Ven Te Chow).

IV.12.- DISPOSICIÓN FINAL (VERTIDO).

La disposición final o vertido, son los puntos donde confluyen todas las descargas del sistema diseñado.

Se definieron dos sistemas:

1. **Sistema Campus:** descarga del resto de las subcuencas por distintos tipos de perfiles irregulares (calle de Hº, calle de tierra, canal natural irregular)
2. **Sistema Biblioteca:** descarga directa por conducto circular cerrado.

Para la determinación de los mismos, se estudió cuidadosamente, como mencionamos anteriormente, las líneas de escorrentía, la topografía del área de estudio y realizando relevamientos de campo para confirmar que dicha disposición final confluye en el sector donde se la ubicó, ver Figura IV.12-1.

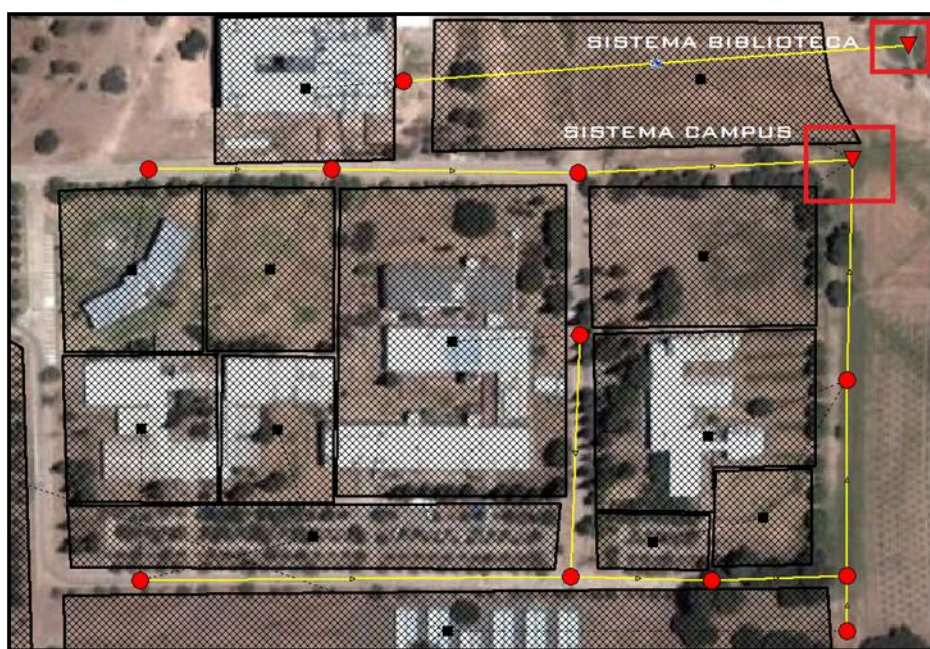


Figura IV.12-1: Ubicación de los puntos de Disposición Final o Vertido.

Finalmente se le dio la cota correspondiente al punto seleccionado del mismo modo que se les dieron a todos los nudos en los puntos anteriores.

IV.13.- CONCLUSIONES.

Se citarán en el capítulo X: **Conclusiones finales.**



CAPÍTULO V

ESTUDIO DE SUELOS.



V. - ESTUDIO DE SUELOS.

V.1.- OBJETO Y UBICACIÓN.

V.1.a. - Objetivos.

El presente Informe Técnico, tiene el objetivo de presentar los resultados del Estudio de Suelos realizado en el Campus de la Universidad Católica de Córdoba.

Dicho Estudio de Suelos, tiene como objetivo investigar las características geotécnicas de los mantos o estratos, donde se realizará la construcción del proyecto, zanjas de infiltración si correspondiera.

Para la ejecución del proyecto será necesario:

- Realizar un relevamiento superficial y sub-superficial de la infraestructura urbana.
- Determinar las características físicas, químicas y mecánicas de los suelos, en las distintas zonas posibles de emplazamiento de la obra.
- Realizar un relevamiento arbóreo, para conocer especie, tamaño, edad y ubicación de los ejemplares existentes en la zona de interés, para de esta forma determinar la capacidad de captación de agua de estos, tanto agua de precipitación como de escurrimiento superficial.

V.1.b. - Ubicación

La ubicación precisa de la zona de estudio se detalla en el apartado II.2.

V.2.- ESTUDIO DE ANTECEDENTES.

La selección y filtrado de antecedentes técnicos, es de una gran importancia, sobre todo en el periodo de proyectar las tareas de campaña de un Estudio de Suelos.

Legajos técnicos entregados por la *Dirección de Obras Viales de la Provincia de Córdoba*:

- [1] - Cuencas y divisorias de agua de la Ciudad de Córdoba incluyendo la zona de estudio, campus de la Universidad Católica de Córdoba (UCC), (s/f);
- [2] - Normas para la presentación de proyecto de infraestructura vial y de drenaje;
- [3] - Curvas IDT (intensidad-duración-frecuencia);



[4] - Infraestructura vial de los barrios aledaños Villa El Libertador y Santa Isabel (paquete estructural adoptado, perfil transversal tipo para pavimentos de H°, pliegos de especificaciones técnicas, memorias descriptivas, planialtimetría, cómputos métricos, detalles constructivos, etc.);

Legajos técnicos entregados por la *Dirección General de Catastro*:

[5] - Carta IGM (Instituto Geográfico Militar), Escala 1:50000 Equidistancia 10 metros (1970);

[6] - Plano de manzana del campus UCC (s/f);

Legajos técnicos entregados por la *Dirección Provincial de Agua y Saneamiento*:

[7] - Mapa geológico-geomorfológico de la ciudad de Córdoba y su entorno (2004);

[8] - Tesis “Caracterización Geohidrológica del área Sur de la Ciudad de Córdoba”. Alumno: David Palacio. Departamento de Geología aplicada de la UNC;

Legajos técnicos entregados por el *Rectorado del Campus*:

[9] - Plano de arquitectura del campus UCC (s/f);

[10] - Plano de servicios subterráneos UCC (s/f);

[11] - Curvas de nivel con equidistancia 1 metro Campus UCC (s/f);

[12] - Estudio de suelos del geólogo Marcelo C. Amuchástegui (mp. 237 – Cba), en el sector del Campus de la UCC, Córdoba (2007);

Legajo técnico entregado por la *Ing. María Pía Cruz*:

[13] - Estudio de suelos de la firma ARRT Ingenieros consultores, en la facultad de Ingeniería del Campus de la UCC, para la obra ascensor (2011).

V.3.- TRABAJOS DE CAMPAÑA.

V.3.a. - Relevamiento visual.

Se realizó un primer recorrido para observar y conocer las características y condiciones principales de la zona de estudio. A partir de esto se pudo planificar un relevamiento inicial topográfico y fotográfico. Se determinaron sectores verdes y se planificó la campaña geotécnica.

El área de la franja central es de aproximadamente 175.000 [m²]. Ésta se puede dividir a grandes rasgos en tres zonas (ver Figura V.3-1). Una, destinada a actividades deportivas, donde se encuentran instalaciones para vestuarios y espacios abiertos como canchas de fútbol, rugby y básquetbol. La segunda, es la zona verde de parquización y la tercera, destinada a fines educativos, que se encuentra impermeabilizada (urbanizada) por calles y edificios ubicados en posiciones variadas abarcando el resto de la franja central.



Figura V.3-1: Zonas Campus UCC (Fuente: Propia).

V.3.b. - Relevamiento topográfico.

Se lo consideró al antecedente [11] (curvas de nivel), como línea base inicial topográfica para el presente estudio, evaluándolo y analizándolo para determinar su precisión y validez, considerando a estas suficientes (Ver Plano N° 1 en Anexo Planos). Sin embargo se complementó con un relevamiento con nivel óptico de las calles pavimentadas, siendo su objetivo conocer con exactitud los desniveles, Ver Plano N° 7 (Anexo Planos).

V.3.c. - Relevamiento georeferencial.

Se utilizó un Sistema de Posicionamiento Global (GPS) para realizar la verificación del área de estudio en el Campus. Éste fue un paso importante, ya que, con la imagen satelital Google Earth, más el cálculo del área, mediante el GPS y el plano general, se verificaron y confirmaron puntos inconclusos en el plano. Se relevaron algunos puntos fijos y se cotejaron en distintos planos, mapas e imágenes relevantes. El equipo utilizado fue un GARMIN COLORADO 300. Al momento de realizar las mediciones, el error de medición oscilaba entre 3 y 5 metros (verificado in-situ).

Para la verificación del área se procedió a recorrer el perímetro en estudio, partiendo desde un punto fijo y retornando al mismo, como se observa claramente en la Figura V.3-2. El área calculada por el dispositivo fue de 17.5 hectáreas. Este valor es muy próximo al obtenido del plano general (16.9Has), por lo que la verificación fue un éxito.



Figura V.3-2: Relevamiento Georeferencial.



Entre los puntos de interés relevados, se citan los vértices de edificaciones existentes, ejes de calzadas, puntos fijos conocidos, entre otros, para luego corresponder con el plano general, siendo esta una herramienta de suma ayuda e importancia.

V.3.d. - Relevamiento de bocas de inspección.

Se realizó el relevamiento correspondiente mediante la herramienta de GPS, utilizando el aparato GARMIN COLORADO 300. Luego se extrapolaron cada una de las bocas al programa Auto CAD, resultando imposible la correcta ubicación de las mismas, debido al error de la herramienta, ver Plano N° 4 (Anexo Planos).

V.3.e. - Relevamiento de luminaria.

Se relevaron las luminarias considerando las distancias entre sí y a la línea del cordón vereda. Se pueden ver en detalle en el Plano de relevamiento de Servicios – Plano N° 4 (Anexo Planos).

V.3.f. - Exploración de auscultación geotécnica.

Para la determinación de los parámetros solicitados de identificación de los suelos en el sector de estudio, se ejecutaron en forma manual tres pozos a cielo abierto (PCA), de diámetro 0,60 [m], el día 18 de mayo de 2011, ver figura V.7-1: PCA 1; figura V.7-2: PCA 2; figura V.7-3: PCA 3. Dos de ellos con una profundidad de 2 [m] y otro de 1,50 [m]. La exploración se realizó hasta estas cotas, ya que, la zona de influencia de la obra para la cual se ejecutó el estudio de suelos (zanjas de infiltración), no supera dicha profundidad. Se ubicaron a tres bolillos, separados y en zonas de distinta curva de nivel para de esta forma abarcar toda la zona de estudio, ver Plano de relevamiento fotográfico – Plano N° 2 y Plano de balizamiento de pozos – Plano N° 3 (Anexo Planos). Se extrajeron tanto muestras alteradas como inalteradas cada 0,5 [m] hasta llegar a las correspondientes profundidades máximas de cada exploración.

Se realizaron los perfiles de suelo para cada pozo y se llevaron a cabo los trabajos de laboratorio.

Tabla V.3-I: Exploraciones ejecutadas.

<i>Exploración.</i>	<i>Cota de la boca. [m]</i>	<i>Cota del fondo. [m]</i>	<i>Profundidad. [m]</i>
PCA 1	481,5	479,5	2,0
PCA 2	475,5	473,5	2,0
PCA 3	478,5	477,0	1,5

V.3.g. - Relevamiento de árboles.

Este relevamiento se basó en la individualización y ubicación de la variedad arbórea presente en la zona de estudio.

Con respecto a la vegetación, esta zona se localiza en la región fitogeográfica del Espinal. Ésta se extiende en forma de arco desde el centro de la provincia de Corrientes, norte de Entre Ríos, pasando por el centro de Santa Fé y Córdoba, centro sur de San Luis y La Pampa, hasta el sur de Buenos Aires, ver figura V.3-3.

Se precisó tomar fotografías digitales y extraer hojas de cada especie, para así luego, poder crear un herbario útil para identificar tanto los nombres comunes como científicos de cada tipo de árbol, ver figura V.3-4.



Figura V.3-3: Mapa de los ecosistemas de Argentina. (Fuente: <http://www.argentinaxplora.com>).



Figura V.3-4: Herbario (Fuente: Elaboración propia).

Sección 1.4 - Características relevadas en la zona de estudio.

La franja central se encuentra parquizada en casi su totalidad por especies exóticas. Se entiende por especies exóticas a los ejemplares de árboles que proceden de otros países y no existen en el nuestro de forma natural. La franja central se puede apreciar, con mayor detalle, en el Relevamiento Visual del apartado V.3.a.

Se ubicaron en el Plano de relevamiento de árboles – Plano N° 5 (en Anexo Planos), las líneas de árboles y los árboles dispersos existentes, detallando sus circunferencias promedios y alturas.

La circunferencia se midió a una distancia de un metro del suelo, ver Figura V.3-5, y debido a la gran elevación de algunos árboles, se estimó por aproximación la altura total.

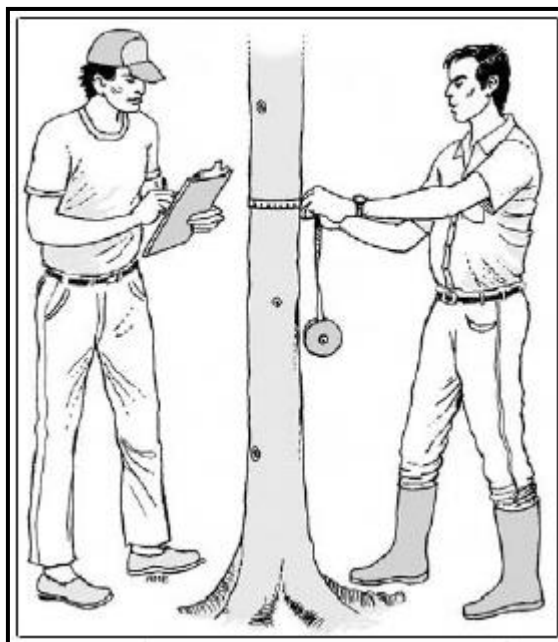


Figura V.3-5: Medición de la circunferencia de un árbol
(Fuente: Fondo Nacional Del Ambiente Perú).

Todas las especies verdes con altura menor a un metro se lo consideraron como arbustos y pastizales. El tipo de césped predominante en la zona de estudio, es gramilla, suelo natural del Campus. No existe ningún tipo de césped particular sembrado.

En cuanto a la planificación urbana del Campus, en la actualidad, no existe un proyecto de edificación o de ampliación claramente aprobado. Con respecto a nuestro proyecto (zanjas de infiltración), se tratará de no afectar lo existente o modificar las condiciones actuales de desagüe del Campus.



Sección 1.5 - Análisis y resultados.

Luego del relevamiento llevado a cabo en el campus, se puede establecer que se hallan únicamente tres especies autóctonas de la provincia de Córdoba (ver Tabla V.3-2), y un total de nueve especies exóticas (ver Tabla V.3-3).

Tabla V.3-2: Especies Autóctonas (Fuente: Propia).

Nombre Común Nombre Científico	Altura	Circunferencia	Figura
Timbó Enterolobium Contortisiquum	12 mts	1 mts	FiguraV.3 -7
Algarrobo Prosopis sp	10 - 6 mts	1,2 - 1,8 mts	FiguraV.3 -8
Sauce Salix humboldtiana Willd	10 mts	1,78 mts	FiguraV.3 -9

Tabla V.3-3: Especies Exóticas (Fuente: Propia).

Nombre Común Nombre Científico	Altura	Circunferencia	Figura
Ciprés Cupressus Sempervirens	10 - 12 mts	0,65 - 1,45 mts	FiguraV.3 -10
Eucalipto Eucalyptus sp	20 - 25 mts	1,2 - 2,50 mts	FiguraV.3 -11
Olmo Ulmus sp	7 - 25 mts	0,84 - 2,5 mts	FiguraV.3 -12
Roble Quercus Robur	6 mts	1,70 mts	FiguraV.3 -13
Álamo Populus sp	2 - 12 mts	0,8 - 0,9 mts	FiguraV.3 -14
Manzano de campo Ruprechtia Apetala	3 mts	0,40 mts	FiguraV.3 -15
Fresno Fraxinus Americana	3 - 8 mts	0,55 mts	FiguraV.3 -16
Cedro Cedrus sp	10 - 12 mts	0,8 - 0,9 mts	FiguraV.3 -17
Pino Pinus sp	12 mts	0,9 mts	FiguraV.3 -18



Además se determinó una cantidad de 739 árboles, de los cuales se encuentran grandes porcentajes de Fresno, Ciprés, Eucalipto y Olmo, todos estos de procedencia exótica.

Los porcentajes de todos los ejemplares se pueden a continuación:

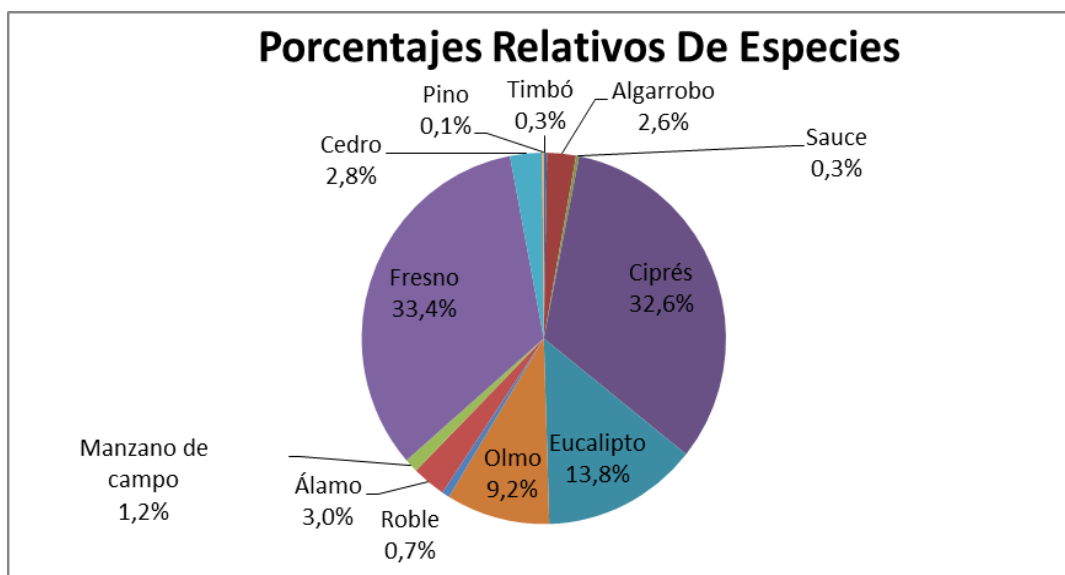


Gráfico V.3-1: Porcentajes relativos de especies (Fuente: Propia).

Tabla V.3-4: Porcentajes relativos de especies (Fuente: Propia).

Nombre científico	Nombre común	Cantidad	Porcentaje %
Enterolobium Contortisiquum	Timbó	2	0,3
Prosopis sp	Algarrobo	19	2,6
Salix humboldtiana Willd	Sauce	2	0,3
Cupressus Sempervirens	Ciprés	241	32,6
Eucalyptus sp	Eucalipto	102	13,8
Ulmus sp	Olmo	68	9,2
Quercus Robur	Roble	5	0,7
Populus sp	Álamo	22	3,0
Ruprechtia Apetala	Manzano de campo	9	1,2
Fraxinus Americana	Fresno	247	33,4
Cedrus sp	Cedro	21	2,8
Pinus sp	Pino	1	0,1
Total		739	



Sección 1.6 - Distribución espacial.

La distribución de cantidad de árboles y de especies por sectores es heterogénea, por lo que se calculó una densidad relativa de árboles, ver Tabla V.3-5 y Figura V.3-6. También se realizó un estudio de especies totales, discriminando las autóctonas de las exóticas, concluyendo en que claramente predominan las especies exóticas (ver Gráfico V.3-2).

Las áreas más despejadas de árboles son las 9 y 10, áreas aledañas a la Facultad de Ingeniería. Mientras que si discriminamos el área 6 debido a que es poco factible que la traza de las zanjas pasen por ella, el área 4 presenta la mayor cantidad de ejemplares por superficie.

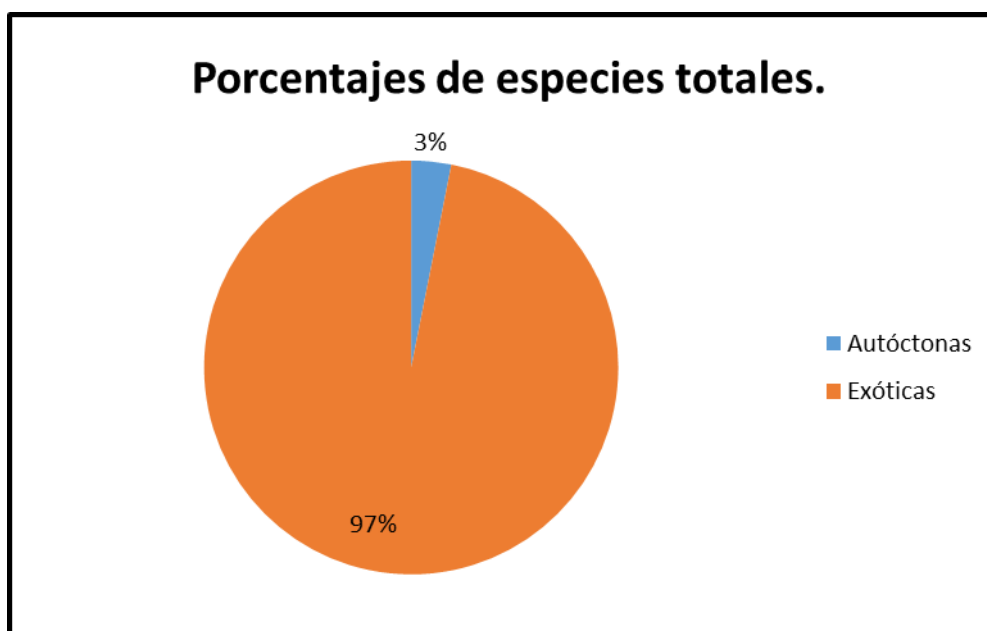


Gráfico V.3-2: Especies totales.



Tabla V.3-5: Distribución de árboles por especies (Fuente: Propia).

Especie	Área	Superficie [ha]	Cantidad de Árboles	Árboles/ha
Eucaliptus	1	0,72	95	132
Eucaliptus-Ciprés	2	0,59	88	149
Algarrobo	3	0,38	17	45
Álamo-Fresno	4	0,18	33	183
Fresno	5	0,24	29	121
Fresno	6	0,12	30	250
Olmo	7	0,22	17	77
Ciprés-Cedro	8	0,23	27	117
Ciprés	9	0,28	8	29
Olmo-Ciprés	10	1,01	31	31
Fresno	11	0,28	33	118
Ciprés-Fresno	12	0,21	29	138
Fresno	13	0,09	12	133
Olmo-Roble	14	0,26	18	69
Fresno	15	0,51	106	208

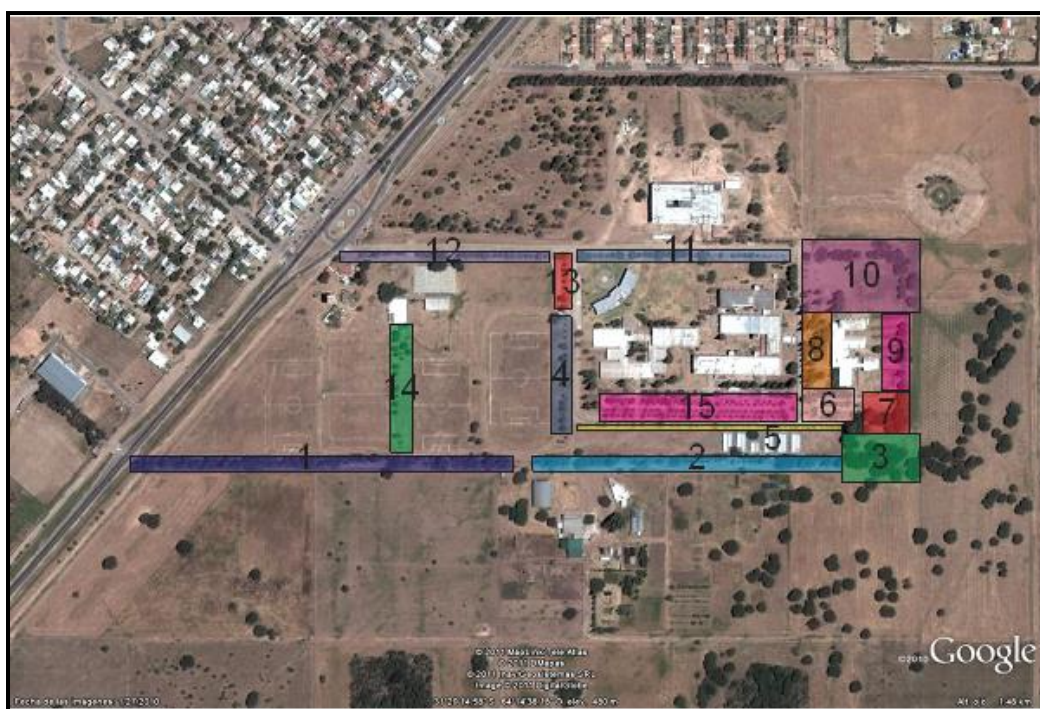


Figura V.3-6: Distribución de árboles por especies (Fuente: Propia).



Sección 1.7 - Imágenes.



Figura V.3-7: Timbó (*Enterdobium contortisiliquum*) Fuente: Propia.



Figura V.3-8: Algarrobo (*Prosopis* sp.) Fuente: Propia.



Figura V.3-9: Sauce (*Salix humboldtianawilld*) Fuente: Propia.



Figura V.3-20: Ciprés (*Cupressus sempervirens*) Fuente: Propia.



Figura V.3-31: Eucalipto *Eucalyptus* sp (Fuente: Propia)



Figura V.3-42: Olmo (*Ulmus* sp) Fuente: Propia.



Figura V.3-53: Roble (*Quercus Robur*) Fuente: Propia.



Figura V.3-64: Álamo (*Populus* sp) Fuente: Propia.



Figura V.3-75: Manzano de campo (*RuprechtiaApetala*) Fuente Propia.



Figura V.3-86: Fresno (*Fraxinus Americana*) Fuente: Propia.



Figura V.3-17: Cedro (Cedrus sp.) Fuente: Propia.



Figura V.3-18: Pino (Pinus sp.) Fuente: Propia.



V.4.- TRABAJOS DE LABORATORIO.

Se detallan a continuación en la Tabla V.4-1 y en la Tabla V.4-2, los distintos ensayos realizados en el laboratorio, a las distintas muestras de suelos.

Tabla V.4-1: Ensayos en laboratorio.

Id.	Cota boca	Cota del fondo	N° Muestra	ω , [%]	% Pasante T200	γ_{ss} [gr/cm ³]	Límites de Atterberg	Granulometría por Sedimentación
PCA 1	481,5	479,5	M1	X	X			
			M2	X	X	X	X	X
			M3	X	X	X		
			M4	X	X	X	X	X
PCA 2	475,5	473,5	M1	X	X			
			M2	X	X	X		
			M3	X	X	X	X	X
			M4	X	X			
			M5	X	X		X	X
			M6	X	X	X	X	X
PCA 3	478,5	477,0	M1	X	X			X
			M2	X	X	X	X	
			M3	X	X	X		
			M4	X	X	X	X	X

Tabla V.4-2: Ensayos en laboratorio.

Id.	Cota boca	Cota del fondo	N° Muestra	Compresión Simple	Compresión Confinada	Permeabilidad	% Sales Totales	Ensayo del terrón
PCA 1	481,5	479,5	M1				X	
			M2				X	X
			M3				X	X
			M4				X	X
PCA 2	475,5	473,5	M1				X	
			M2	X		X	X	X
			M3		X		X	X
			M4				X	
			M5				X	
			M6		X		X	X
PCA 3	478,5	477,0	M1				X	
			M2				X	X
			M3				X	X
			M4				X	X



V.5.- PERFIL DE SUELO GENERAL.

Estrato I - Desde 0.00 metros hasta 0.60 metros de profundidad promedio: Cubierta vegetal (Gramilla – Suelo natural), sobre limo orgánico con raíces, color castaño oscuro, nula plasticidad, poco pegajoso al tacto, sin olor característico, humedad promedio de un 14%, sales totales menos del 0.1%, pasante tamiz N°200 82% promedio. El número promedio de golpes según el ensayo de hincada dinámica del antecedente [12], es de 5, indicando una densidad relativa menor a ~20% (ver Gráfico V.5-1); incompetente para elección de suelo de fundación.

Estrato II - Desde 0.60 metros hasta los 7.00 metros: Limo loessico, color castaño claro, nula plasticidad, nada pegajoso al tacto, sin olor característico. En PCA 2 entre 1.30 metros y 1.75 metros: limo levemente cementado (tosca) en forma de nódulos de 3 a 7 centímetros de diámetro. Humedad promedio 11%, densidad suelo seco promedio 1.30 [gr/cm³], sales totales menos del 0.1%, pasante tamiz N° 200 90% promedio, arena 1.5% promedio, limo 73% promedio, arcilla 25% promedio. El número de golpes según el ensayo de hincada dinámica del antecedente [12], varía de 5 a 10 para uno de los ensayos realizados, compacidad suelta, con una densidad relativa promedio de ~25% (ver Gráfico V.5-1). En el otro ensayo varía de 5 a 8, alcanzando a los 7.00 metros el rechazo (50 golpes) debido a la presencia de ML con tosca fuertemente cementado. No se recomienda para la fundación esta profundidad.

Estrato III - Desde los 7.00 metros hasta los 18.00 metros. Limos arenosos, castaños oscuros, cimentación diseminada, compacidad baja a media. Estables. Humedad promedio 14.5%. El número de golpes según el ensayo de hincada dinámica del antecedente [12], varía de 10 a 35, compacidad compacta, indicando una densidad relativa variable desde ~35% a 55% en el fin del estrato. Ver Gráfico V.5-1.

Estrato IV - Desde los 18.00 metros hasta los 20.00 metros (fin de exploración del antecedente [12]). Limos arenosos, cementados, compactos, castaños oscuros, humedad promedio 12.5%. El número de golpes según el ensayo de hincada dinámica del antecedente [12], alcanza el rechazo a más de 40 golpes, a los 19.00 metros de profundidad, compacidad densa, lo que indica una densidad relativa de ~70%. Ver Gráfico V.5-1.

Nivel freático: A la fecha del estudio y hasta la profundidad investigada, no se detectó el nivel freático.

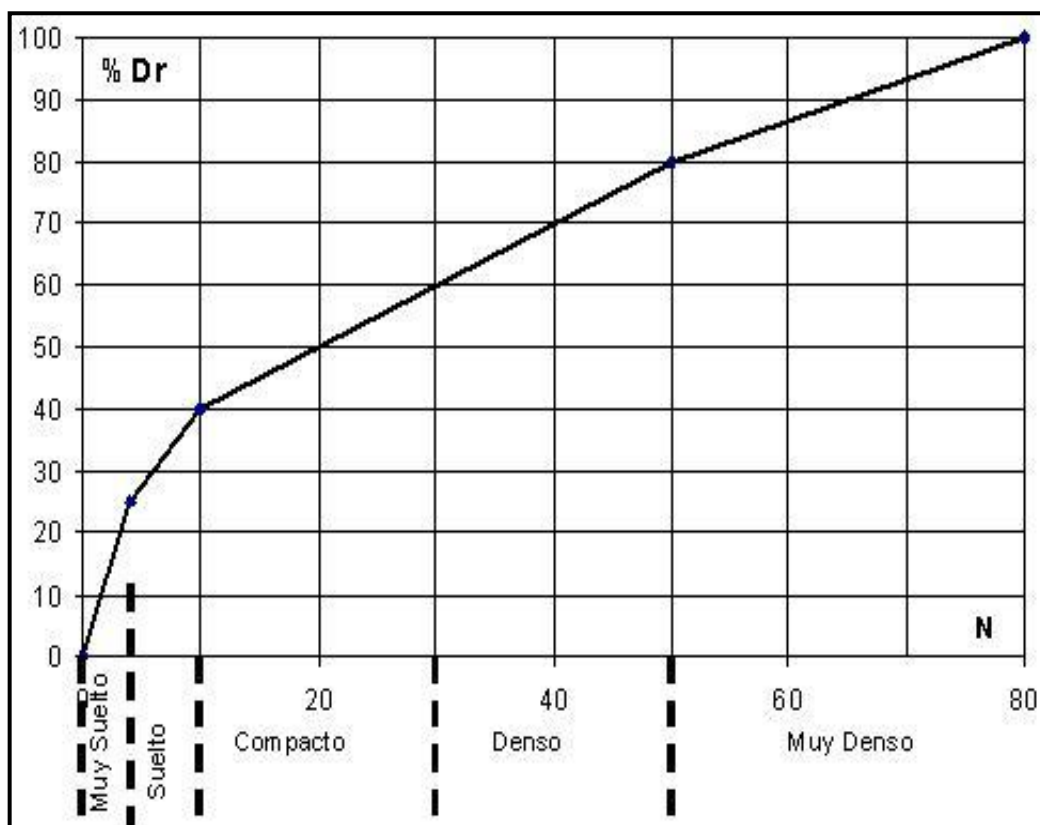


Gráfico V.5-1: Valores de porcentaje de densidad relativa (%Dr) vs. N° de golpes según su compactación.



V.6.- ANÁLISIS DE RESULTADOS.

V.6.a. - Tipo de Suelo.

La fracción predominante de los suelos estudiados ha sido la fina, con porcentajes pasantes por el tamiz N° 200 (76 μm) superiores al 85%. Los porcentajes retenidos que se complementan con estos pasantes, corresponden a suelos finos levemente cementados, en general.

V.6.b. - Características.

- Luego de la cubierta vegetal, a partir de los 0.5 metros, se trata de suelos típicos de este sector de la Ciudad de Córdoba caracterizados por tener las siguientes condiciones:

- Color castaño oscuro a claro, según sea su contenido de materia orgánica.
- El espesor de este tipo de suelos, se estima, para la zona estudiada, comprendido entre 10 y 15 metros, pudiendo variar de un lugar a otro.
- Baja plasticidad.

Se puede afirmar en forma general que el tipo de suelo es Limo loésico de textura pulverulenta, friable y poco plástico. Sin embargo los ensayos demostraron que existen también en menor proporción suelos con algo de arcilla de baja plasticidad (CL). Posee una cementación moderada, generalmente debida a la cohesión aparente por actividad de succión superficial, a causa de materia orgánica (raíces) en proximidad a la superficie.

- Su deformabilidad, en la profundidad investigada, y su resistencia al corte no drenada ($S_u = 1.33 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$), confirman la presencia de suelos limosos. Se calculó el módulo de elasticidad secante (desde el ensayo compresión simple) al 10% de deformación inicial y a la rotura:

Se obtuvo: $E_{10\%} = 52.3 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$ y $E_{\text{rot}} = 223.9 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$.

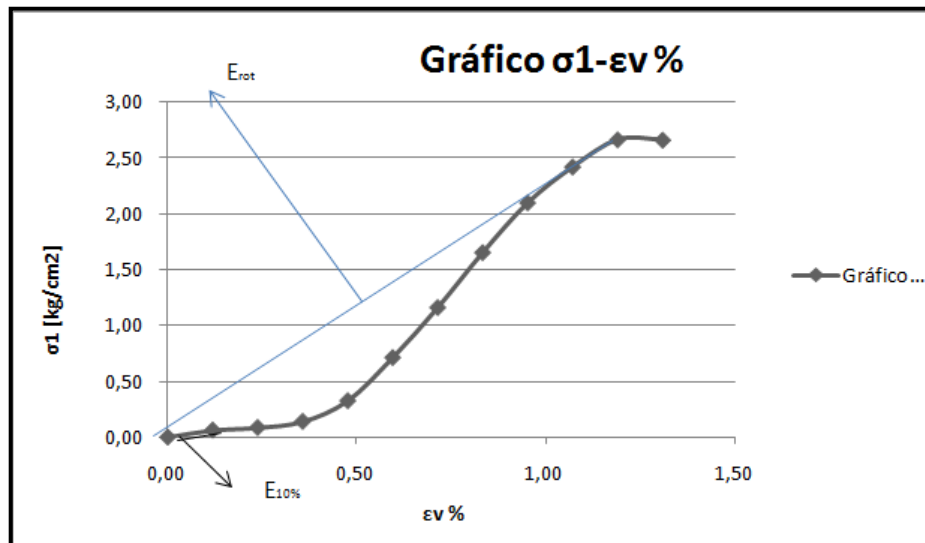


Gráfico V.6-1: Tensión – deformación.

• Considerando sus bajos valores de densidad seca, aisladamente, se trata de suelos con marcada porosidad, que resulta ser apreciable, incluso, a simple vista. Esto se verifica, numéricamente, de la siguiente manera:

$$\gamma_d = [G / (1 + e)] \cdot \gamma_w \quad (1)$$

Se tiene:

$$e = (G \cdot \gamma_w / \gamma_d) - 1 \quad (2)$$

Sabiendo que: $n = e / (1 + e) \quad (5)$

Reemplazando con los datos obtenidos en los trabajos de campo, se tiene:



Tabla V.6-1: Índice de vacíos.

Id.	Cota boca	Cota del fondo	Nº Muestra	γ_{ss} [gr/cm ³]	e	n[%]
PCA 1	481.50	479.50	M1	-	-	-
			M2	1.21	1.19	54%
			M3	1.27	1.09	52%
			M4	1.36	0.95	49%
PCA 2	475.50	473.50	M1	-	-	-
			M2	1.48	0.79	44%
			M3	1.25	1.12	53%
			M4	-	-	-
			M5	-	-	-
			M6	1.31	1.02	51%
PCA 3	478.50	477.00	M1	-	-	-
			M2	1.24	1.14	53%
			M3	1.20	1.21	55%
			M4	1.31	1.02	51%

Nota: Los estudios a mayor profundidad no se ejecutaron ya que faltan datos confiables en el antecedente [12].

Lo indicado en la Tabla V.6-1, hace pensar en un suelo con subsidencia alta (hundimiento paulatino del suelo), si se compara con los valores de la Tabla V.6-2, según Maslov (1987).

Tabla V.6-2: Relación para un suelo loésico seco entre el grado de subsidencia “s” y la porosidad “n”.

Subsidencia del Suelo, s	Porosidad, n [%]	Mód. de Compresibilidad, E. [mm/m]
Sin subsidencia	< 40	0
Subsidencia leve	40 – 45	10
Subsidencia	45 – 50	50
Subsidencia alta	50 – 55	100

• Luego de analizar los datos de las muestras y ejecutar el ensayo de compresión triaxial, las características del suelo evidencian un índice de vacíos (e) y permeabilidad (k), entre los valores relativamente bajos.

$$K_{prom} = 1.6 \times 10^{-6} \text{ (cm/seg); } e_{prom} = 1.06.$$

- Complementariamente con el punto anterior, al aplicar el criterio de colapsabilidad del *Department of the Navy* (1982) a partir de considerar el límite líquido (ω_l) junto con la densidad seca (γ_{ss}), se encontró que todos estos suelos son potencialmente colapsables, en sus mantos más superficiales, ver Gráfico V.6-2.

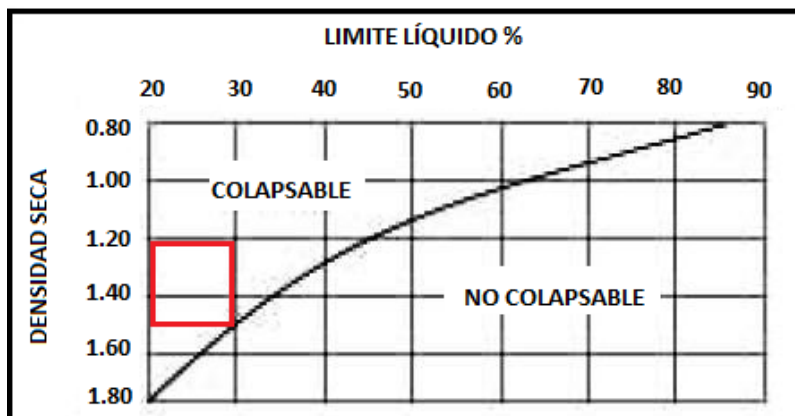


Gráfico V.6-2: Colapsabilidad.

A raíz de la determinación de su potencialidad de colapso, se determinó, desde el ensayo de Compresión Confinada, el potencial de colapso (CP) mediante la siguiente fórmula:

$$CP = \Delta e / (1 + e_o) * 100$$

e_o : relación de vacíos inicial de la probeta.

Δe : disminución de la relación de vacíos al inundar la probeta.

Obteniendo un CP de 12,6 % para 1 [m] de profundidad y un CP de 7,2 % para una profundidad de 2 [m]. Cotejando los valores anteriores con la tabla de riesgo de colapso de un suelo de acuerdo a su potencial (Aravena R. y Kramer P., 1984), ver Tabla V-II, se definieron suelos con “problemas graves” de colapso para 1 [m] y “problemas” de colapso para 2 [m].

Tabla V.6-3: Riesgo de colapso de un suelo de acuerdo a su potencial (Aravena R. y Kramer P., 1984).

Pot. Colapso (CP) (%)	Riesgo de colapso
0 – 1	No hay problemas
1 – 5	Problemas moderados
5 – 10	Problemas
10 – 20	Problemas graves
> 20	Problemas muy graves



• Con respecto a la composición mineralógica, dentro de la *Carta de Plasticidad de Casagrande*, se verificó calculando la Actividad (ver Tabla V.6-5) y cotejándolo con los valores típicos de actividades para minerales arcillosos (ver Tabla V.6-4), se determinó que el principal mineral arcilloso constituyente es la Caolinita.

$$\text{Actividad(AC)} = \frac{\text{Índice de plasticidad}}{\% \text{ de suelo pasa } 2\mu\text{m}}$$

Tabla V.6-5: Actividad y tipo de mineral.

Pozo	Muestra	IP	%Pas 2μm	AC	Mineral
PCA 1	M2	1,87	26	0,07	Caolinita
PCA 1	M4	9,14	23	0,40	Caolinita
PCA 2	M3	6,04	20	0,30	Caolinita
PCA 2	M5	6,69	24	0,28	Caolinita
PCA 2	M6	4,17	26	0,16	Caolinita
PCA 3	M4	2,1	32	0,07	Caolinita

Tabla V.6-4: Actividad de minerales de arcilla.

MINERAL	ACTIVIDAD(AC) ^I
Caolinita	<0.46
Illita	0.9
Montmorillonita (Ca)	1.5
Montmorillonita (Na)	7.2

Los porcentajes de arcillas presentes no son suficientes para expandir el suelo. Las partículas de arcilla están a una distancia suficiente, para que en presencia de agua, no haya actividad, es decir repulsión entre ellas. Esto es debido a que la matriz del suelo es predominantemente limosa, lo que significa que las fuerzas de unión entre partículas que predominan en este tipo de suelos son las másicas (gravedad) y no las eléctricas. Por lo tanto el fenómeno a analizar sería el “colapso”.

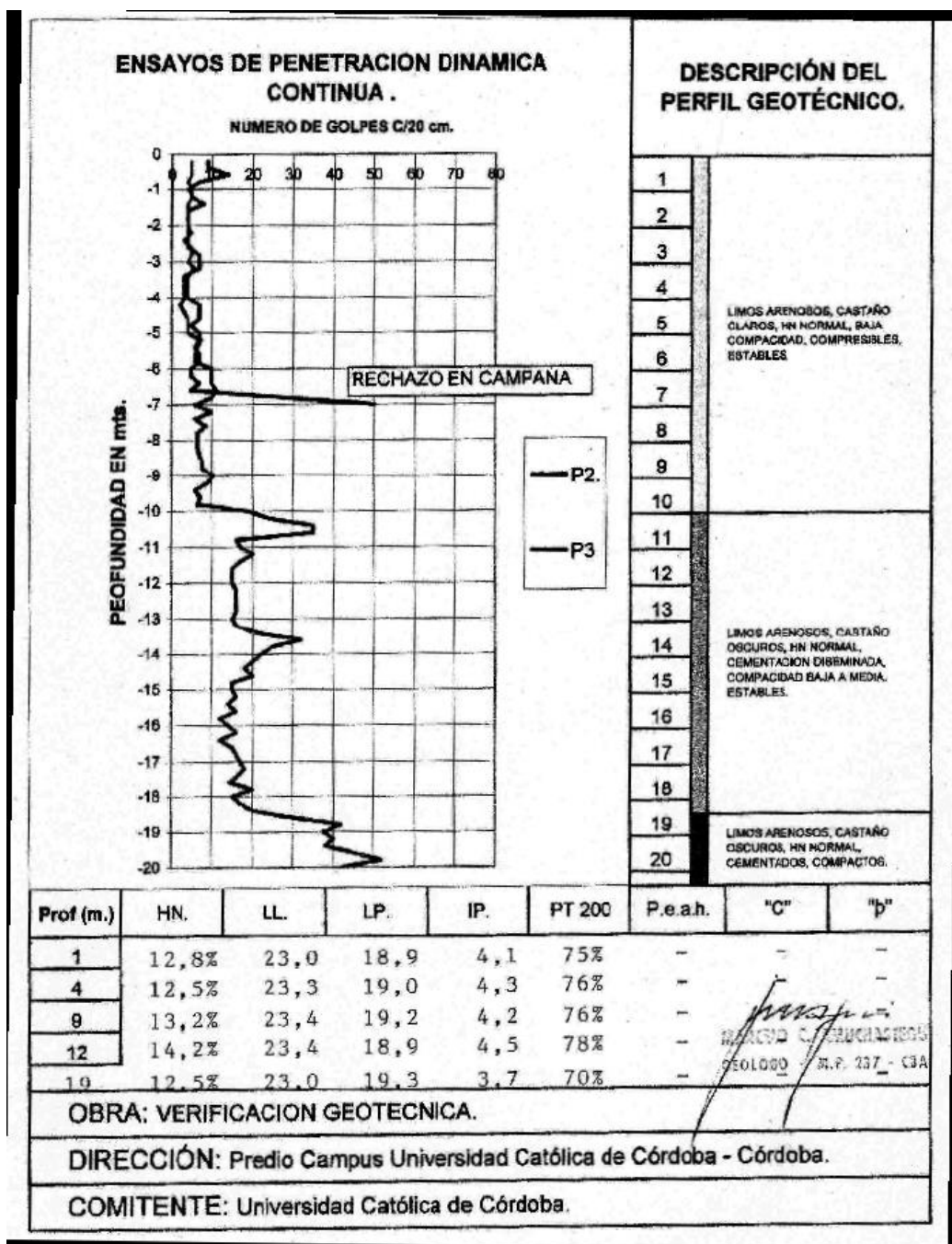


Gráfico V.6-3: Ensayo SPT. (Fuente: Estudio de suelo geólogo Marcelo C. Amuchástegui)



V.6.c. - Recomendaciones de fundación.

El terreno, tiene una topografía plana, con bajo escurrimiento y sectores posiblemente inundables.

Sección 1.8 - Fundaciones Superficiales.

Los estratos de limos loésicos superiores hallados deben excluirse como manto de fundación, estos muestran zonas con características colapsables, es decir que ante el acrecentamiento en el contenido de humedad, pueden sufrir deformaciones y asentamientos importantes con sólo la acción de su propio peso; y suelos potencialmente colapsables, es decir que en condiciones de saturación, su estructura puede colapsar bajo la acción de cargas, aun cuando estas no sean muy elevadas.

Sección 1.9 - Fundaciones Profundas.

Según el antecedente [12], hasta la profundidad estudiada, no se observan problemas de excavación, a talud vertical, siempre y cuando se conserve el porcentaje de humedad natural.

Se obtuvieron las siguientes conclusiones, ver Tabla V.6-6.

Tabla V.6-6: Parámetros de diseño para fundación profunda.

Prof. [m]	Estrato - Descripción	Resist. fric. adm. [kg/cm ²]	Tensión de punta adm. [kg/cm ²]
0.0 - 0.6	Estrato I-cubierta vegetal.	0.0	0.0
0.6 - 3	Estrato II-limo loésico muy susceptible al colapso, compacidad suelta.	0.0	0.0
3 - 7		0.04	0.05
7 - 18	Estrato III-limos arenosos, compacidad compacta. Estable.	0.15	3.5
18 - 20	Estrato V-limo arenoso, cementado, compacidad densa.	0.15	3.5

Alternativamente para este proyecto, se recomienda apoyar a partir de los -13.0 [m] de profundidad desde el NT. Los parámetros de cálculo a adoptar para este tipo de fundación, serán los indicados en la Tabla V.6-6. Si bien se ejecutó una exploración de auscultación, no se descartan variaciones estratigráficas en profundidad como también en planta. Se podrán utilizar como elementos de fundación pilotes o pozos romanos excavados por medio de técnicas manuales o mecánicas. No será necesaria la utilización de lodo bentonítico. La ejecución del ensayo de punta de los pozos no fue estudiado aun. Se deberá consultar a la facultad de ingeniería para mayor detalle.

Es de vital importancia realizar una correcta limpieza manual, cementación o compactación del material limoso (suelto), resultante de la excavación, de modo que se apoye sobre suelo cementado, compacto para evitar asentamientos adicionales, como también canalizar los conductos cloacales y pluviales, asegurar adecuados desniveles superficiales, que alejen el agua de la construcción, realizar veredas perimetrales, alejar cisternas, pozos absorbentes, cámaras sépticas y riego por aspersión de la obra y tomarse todas las medidas necesarias para mantener la humedad natural del suelo de fundación.

V.6.d. - Fertilidad del suelo orgánico y Taxonomía.

Se sometió a la muestra M1 (0.00 – 0.40 metros) del pozo PCA 2, a un análisis físico-químico para comprobar la fertilidad del suelo.

El examen se realizó en la agencia Córdoba Ambiente el día 2 de junio del 2011, se adjunta en Anexo.

V.7.- .RELEVAMIENTO FOTOGRÁFICO - EXPLORACIÓN DE AUSCULTACIÓN GEOTÉCNICA.



Figura V.7-1: PCA 1.



Figura V.7-2: PCA 2.



Figura V.7-3: PCA 3.



CAPÍTULO VI

ZANJA DE INFILTRACIÓN.



VI. - ZANJA DE INFILTRACIÓN.

VI.1.- PROBLEMÁTICA.

De manera general podemos comentar que, como se vio en el estudio hidrológico del capítulo IV, existen diferentes líneas de escurrimiento superficial de agua, cada una se corresponde con su respectiva cuenca geográfica. Observamos que cada línea de escurrimiento lleva consigo diferentes caudales, esto depende principalmente de las dimensiones de la cuenca, superficie permeable y superficie impermeable.

VI.2.- OBJETIVOS.

El objetivo consiste en la construcción de una obra civil que permita mitigar los siguientes propósitos:

- Controlar el escurrimiento superficial del campus de la UCC.
- Evitar el transporte de sedimentos (erosión).
- Tratar los metales pesados depositados por el tráfico vehicular.

VI.3.- ALTERNATIVA PROPUESTA.

Con el propósito de atenuar los objetivos propuestos anteriormente, se planteó como solución al problema, la construcción de una zanja de infiltración, que permita controlar el escurrimiento del agua de lluvia en las zonas críticas secundarias marcadas en el capítulo IV: “Identificación de zonas críticas”.

Esta zona se da en el sector de estacionamiento correspondiente a la Facultad de Ingeniería, en la cual se deposita finalmente el agua que escurre a través de las calles que hacen de canales, evidenciado por el encharcamiento que actualmente se produce en esta zona, más precisamente, aguas abajo del cambio de perfil de Calle de Hº a Calle de Tierra.

La zanja de infiltración se planteó teniendo en cuenta la existencia de una laguna de retención, que hoy en día funciona como contención del agua de lluvia que cae sobre la parte impermeable de la biblioteca.

Se realizó una inspección ocular un día crítico de lluvia y se constató que la laguna está sobredimensionada, pudiendo almacenar gran parte del agua escurrida superficialmente, detalle en figura VI.3-1.



Figura VI.3-1: Laguna de Retención.

Teniendo este dato, se optó por un diseño de zanja de infiltración ubicada atrás de la Facultad de Ingeniería desembocando en la laguna como se indica en la figura

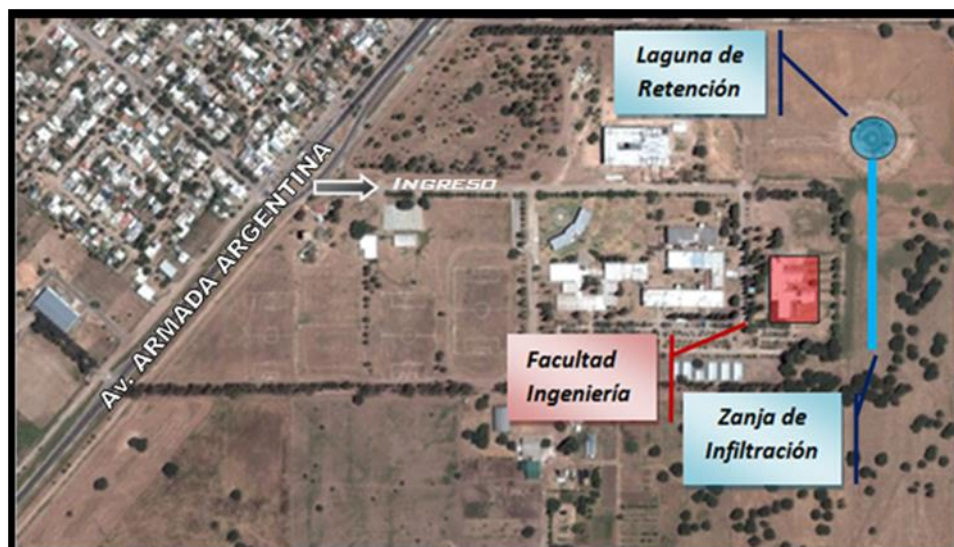


Figura VI.3-2: Ubicación de la Zanja de Infiltración.

VI.4.- ZANJA DE INFILTRACIÓN.

Las zanjas de infiltración son un tipo de obras alternativas de drenaje, usadas para captar parcial o totalmente el escurrimiento superficial generado por una tormenta. El fin es disminuir el caudal máximo y volumen total de escorrentía aprovechando una conducción sub-superficial. Cabe destacar que actualmente en el campus universitario de la UCC el escurrimiento del agua pluvial, se da en forma superficial por suaves vaguadas naturales o por línea de cordón cuneta en calles hacia la laguna de retención.

Son excavaciones largas y angostas, de profundidad del orden de 1 a 3 metros, las cuales deben estar cubiertas por materiales drenantes o funcionalmente diseñadas con un fin hidrogeotécnico.

VI.5.- MATERIALES UTILIZADOS.

La zanja propuesta para este trabajo (ver Figura VI.5-1) cuenta con una sección en donde se puede apreciar claramente cuatro capas de diferentes materiales:

- Suelo orgánico (15 cm).
- Paja o aserrín (5 cm).
- Limo compactado al T180 (75 cm).
- Ladrillo macizo común a junta abierta (5cm x 12cm x 26cm).
- Canal de distribución.

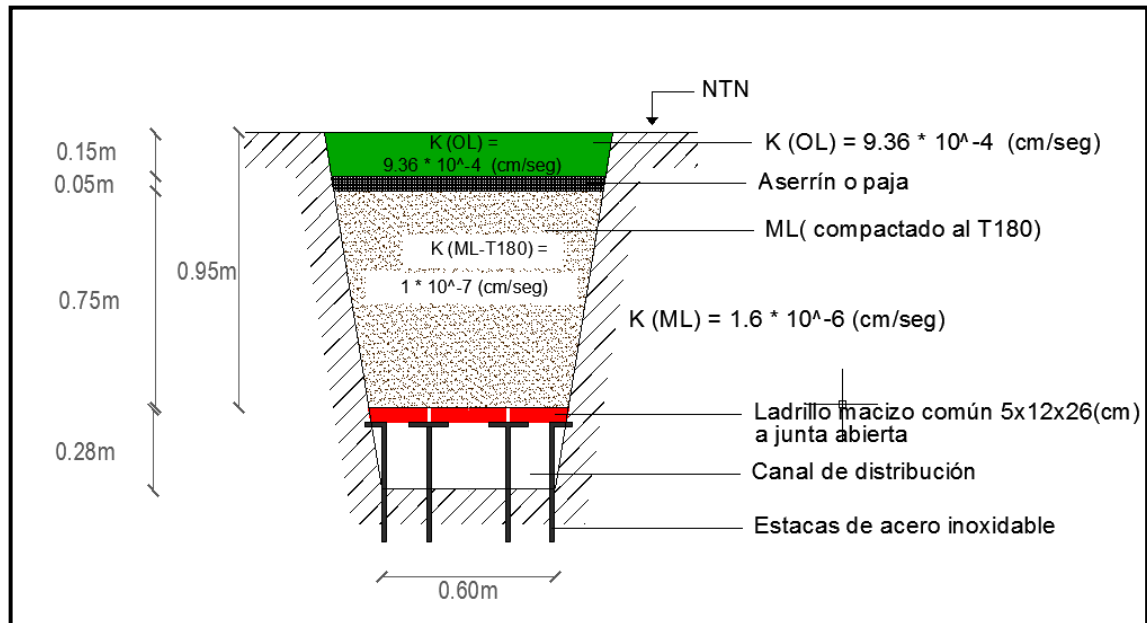


Figura VI.5-1: Sección, Zanja de Infiltración.

VI.5.a. - Ideas potenciales de plantear la zanja de infiltración.

Una vez presentado el problema y plateado la solución, se estima verificar la zanja de infiltración con suelo natural compactado como principal material de relleno sobre un canal de distribución inferior, ver Figura VI.5-1. El mismo será un buen filtro lento de depuración del agua infiltrada a costo económico bajo respecto de otro relleno de la misma, caso arena-grava y geo sintético.

Al tomar el suelo del terreno, el costo de mano de obra disminuirá ya que el trabajo va ser en forma continua como explicaremos en detalle más adelante y el tiempo de construcción también se va ver reducido.

Otras de las ventajas es la posibilidad de utilizar mano de obra no especializada en excavaciones. Una vez que dicha zanja esté construida se podrá poner en marcha sin mayor dificultad.

Se desconoce técnicamente si verifica la funcionalidad de infiltración por ende a continuación se estudia la misma.



VI.6.- FUNCIONALIDAD DE LA ZANJA.

Lo que se busca lograr con la zanja de infiltración propuesta, es retener el agua superficial en forma canalizada sin generar acumulaciones superficiales en sectores construidos o muy urbanizados (playas de estacionamientos, edificios, etc.)

El primer principio que debe cumplir la zanja es el de continuidad Q entrada = Q salida. Si este no se cumple, contemplando la conducción permitida en cada tipo de suelo que componen el relleno (hasta incluso el canal inferior, ver figura VI.5-1), evidentemente nunca se van a saturar los suelos, no van a funcionar como filtro lento y por ende nunca circulara agua por el canal inferior hasta la laguna de retardo.

Como se pudo observar ocularmente, el agua que escurre en los primeros 10 minutos de cada lluvia, contiene diferentes metales pesados arrojados por los vehículos que ingresan al Campus.

Estos compuestos no pueden ser infiltrados ya que contaminarían las aguas subterráneas de la zanja. Por dicho motivo, la zanja contendrá una capa orgánica superficial con limo de relleno, sobre un manto de aserrín de unos 5 cm renovables cada 6 meses a 1 año (si correspondiera), ver figura VI.5-1.

Luego de esta capa se encuentra el limo compactado al T180. La función que cumple esta capa de 75 cm es impedir un repentino paso del agua hasta la laguna de retención e ir filtrando físicamente el agua para obtenerla lo más limpia posible. De esta manera la laguna de retención funcione como reservorio superficial de agua re utilizable para riego.

Entre el limo y el canal se encuentra un piso de ladrillo macizo común a junta abierta para permitir el ingreso de agua ya limpia al canal de distribución, la misma anteriormente pasó por el manto de limo compactado T180 y es conducida rápidamente hasta la laguna de retención.

Como último, en la parte inferior de la zanja, se encuentra el canal de distribución. El canal revestido a muy bajo costo tiene una pendiente del 1%. Ésta pendiente se estudió de manera tal que la velocidad en que se transporta el agua, no fuera turbulento para causar erosión a la entrada de la laguna, y lo suficientemente lento para generar el depósito de sedimento en el propio canal.



VI.7.- DISEÑO DE LA ZANJA DE INFILTRACIÓN.

Como se dijo anteriormente el aspecto primordial de la zanja es el económico-funcional. Este aspecto se ve muy reflejado en el proceso constructivo. El drenaje del agua de infiltración por las distintas capas de suelo que componen el relleno será analizado como flujo en la masa de suelo en serie.

Los materiales que se eligieron (nombrados anteriormente) nos permitirán desarrollar un proceso constructivo continuo, ver Figura VI.75-1

El equipo de construcción se divide en dos grupos básicamente. El primer grupo realiza la excavación colocando el suelo orgánico extraído (Estrato I), en un lateral de la zanja y en el otro lateral de la misma el suelo no orgánico (Estrato II). Mientras que el segundo grupo va colocando los ladrillos macizos (5cm x 12cm x 26cm) a junta abierta y arriba de esto el limo compactado al T180. Los ladrillos macizos serán sostenidos por estacas de hierro inoxidable tipo T, dando la estabilidad vertical necesaria para soportar el esfuerzo dinámico de compactación de la capa de relleno.

Como último se esparce manualmente la capa de aserrín mientras que un operario camina longitudinalmente la zanja, por encima de este se sitúa el suelo orgánico (Estrato I) colocado en paños como fueron extraídos.

VI.8.- CÁLCULO PARA VERIFICACIÓN DE SU FUNCIONAMIENTO.

Para la realización de los cálculos hidrogeotécnicos, se estudió el drenaje del agua de infiltración por las distintas capas de suelo que componen el relleno como flujo en la masa de suelos dispuestos en serie.

Como se sabe, para que la zanja de infiltración funcione el Q_s (salida) tiene que ser igual Q_e (entrada) por ende a fin de analizar los términos que implican Q_s se obtiene:

$$K_{\text{orgánico}} = 9,36 \cdot 10^{-6} \text{ (m/seg)}$$

Este valor se sacó de los resultados de un ensayo de permeabilidad realizado por la facultad de Ingeniería Civil de la Pontificia Universidad Javeriana teniendo en cuenta el porcentaje de arena que tiene el suelo orgánico de la UCC (<4%).

$$K_{\text{limo T180}} = 1 \cdot 10^{-9} \text{ (m/seg)}$$

Valor obtenido según experiencia de laboratorio de varios ensayos. Mayores detalles, escapan por ahora.

$$L = 0,15 + 0,05 + 0,75 = 0,95 \text{ m}$$

$$B = 0,6 \text{ m}$$



$$(\text{Suelo orgánico}) \Rightarrow \left(\frac{L_i}{K_i}\right) = 16025.64 \text{ (seg)}$$

$$(\text{Limo T180}) \Rightarrow \left(\frac{L_i}{K_i}\right) = 750000000 \text{ (seg)}$$

$$K \text{ total} = \frac{L}{\sum \left(\frac{L_i}{K_i}\right)} = \frac{0.20+0.75}{16025.64+750000000} = 1,26 \cdot 10^{-9} \text{ (m/seg)} = 4.55 \cdot 10^{-6} \text{ (m/h)}$$

Velocidad de infiltración: $4,55 \cdot 10^{-6} \text{ (m/h)}$

Q (caudal): 71.39 (m³/h)

$$Q = V \cdot A \Rightarrow A = \frac{Q}{V} = \frac{71.39}{4.55 \cdot 10^{-6}} = 15690109.1 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$A = \text{base} \cdot \text{altura} \Rightarrow \text{altura} = \frac{A}{\text{base}} = \frac{15690109.1}{0.6} = 26150183 \text{ (m)} > 3 \text{ (m)}$$

(valor aceptable máximo)

No verifica técnicamente. Implica que no existe espacio físico en el Campus para colocar una zanja de estas dimensiones para el proceso constructivo ya mencionado.

VI.9.- CÁLCULO DE CAUDAL SEGÚN CATALINI-BERTONI.

Para determinar la tasa de infiltración del canal de distribución se estudió el comportamiento del flujo a través de un orificio. En nuestro caso el diámetro será 0.075mm (diámetro de partícula de suelo de relleno) para la obtención del área.

$$Q = C \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta H} = 1.2 \cdot 10^{-8} \text{ (m}^3\text{/s)}$$

Siendo

$$C = 0.63$$

$$A = 4.42 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^2 = 4.42 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2$$

$$\Delta H = 0.95 \text{ m}$$

$$G = 9.8 \text{ m/s}$$

VI.10.- CONCLUSIÓN.

Las conclusiones finales del proyecto zanja de infiltración se citan en el capítulo **X: Conclusiones Finales**.



CAPÍTULO VII

LÍNEAS DE ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL.

VII. - LÍNEAS DE ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL.

VII.1.- INTRODUCCIÓN.

A partir de la no verificación de la zanja de infiltración para depurar/retardar el agua superficial hasta la laguna de retención, se procederá a verificar el escurrimiento superficial del agua como actualmente ocurre.

VII.2.- OBJETIVO.

El objetivo consistió en reproducir la red de drenaje desde la topografía del antecedente [11] para observar la acumulación de agua a lo largo de cada línea de escurrimiento, determinando así zonas críticas de estudio de la erosión superficial.

VII.3.- MODELO DIGITAL DEL TERRENO.

A partir de las curvas de nivel correspondientes a la topografía del Campus pre-edificado, facilitadas por el Rectorado (Ver Figura VII.3-1). Se desarrolló un modelo digital del terreno (MDT), con el objetivo de establecer redes de drenaje, las cuales serán útiles para observar el escurrimiento inicial del flujo de agua, evidenciando zonas críticas de acumulación en dicho sector no edificado.

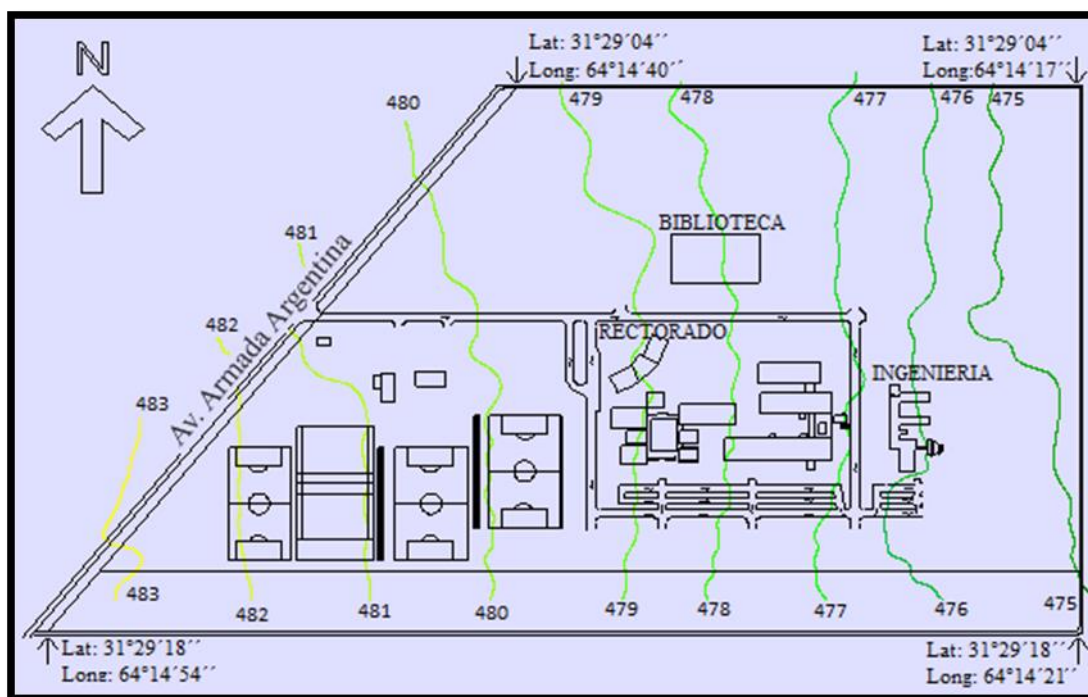


Figura VII.3-1: Curvas de Nivel (Fuente: Rectorado del Campus).

VII.3.a. - Modelo Vectorial TIN.

En los sistemas de información geográfica (SIG), las curvas de nivel representan vectores de líneas que unen puntos de igual altitud. Con este formato vectorial se construyó lo que se denomina TIN (por las siglas en inglés Redes Irregulares Trianguladas), que es la estructura más comúnmente usada para modelar superficies continuas con un modelo de datos vectorial. Ver Figura VII.3-2.

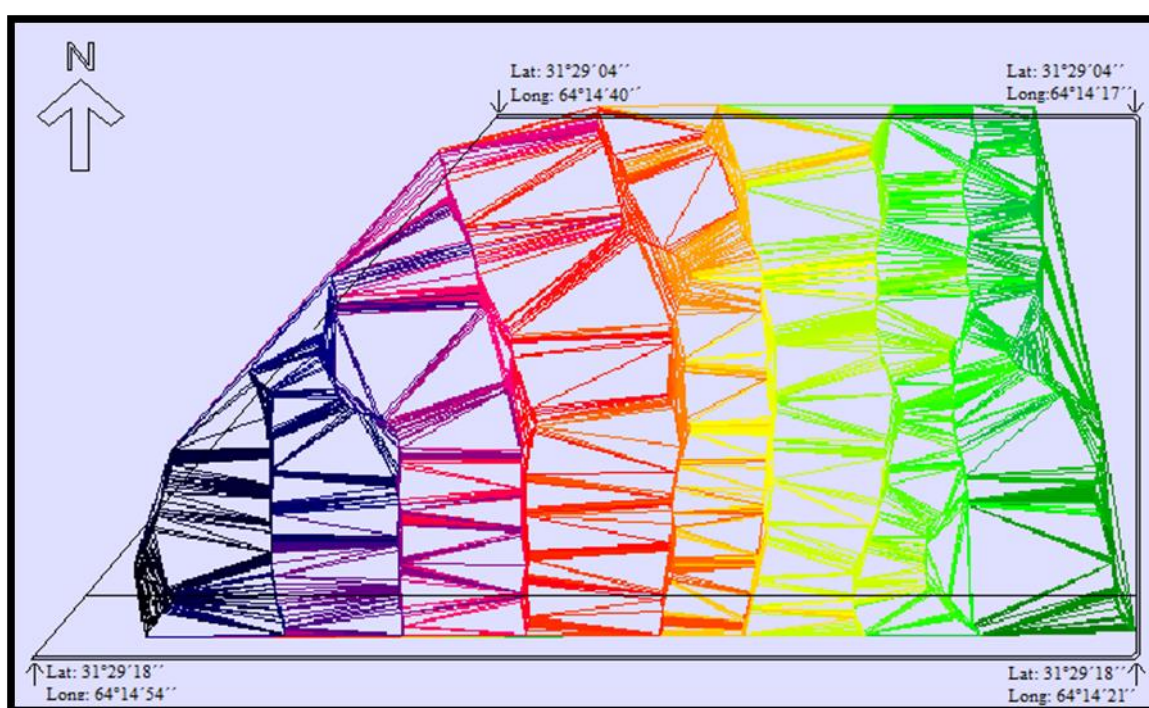


Figura VII.3-2: Modelo TIN.

VII.3.b. - Modelo Matricial Raster.

Al no tener conocimiento total de toda la superficie, representamos el MDT en un sistema Raster, Figura VII.3-3. Modelo que a diferencia del TIN, crea una matriz de alturas, donde cada pixel representa un valor de altitud, generando valores para los pixeles que no los tienen a través de interpolaciones.



Figura VII.3-3: Modelo Raster.

VII.4.- RED DE DRENAJE GEOMORFOLÓGICA.

Una vez obtenido el modelo Raster, se utilizó el Módulo Runoff, herramienta hidrológica que permite simular la escorrentía, logrando así la red de drenaje geomorfológica del Campus. Ver Figura VII.4-1.

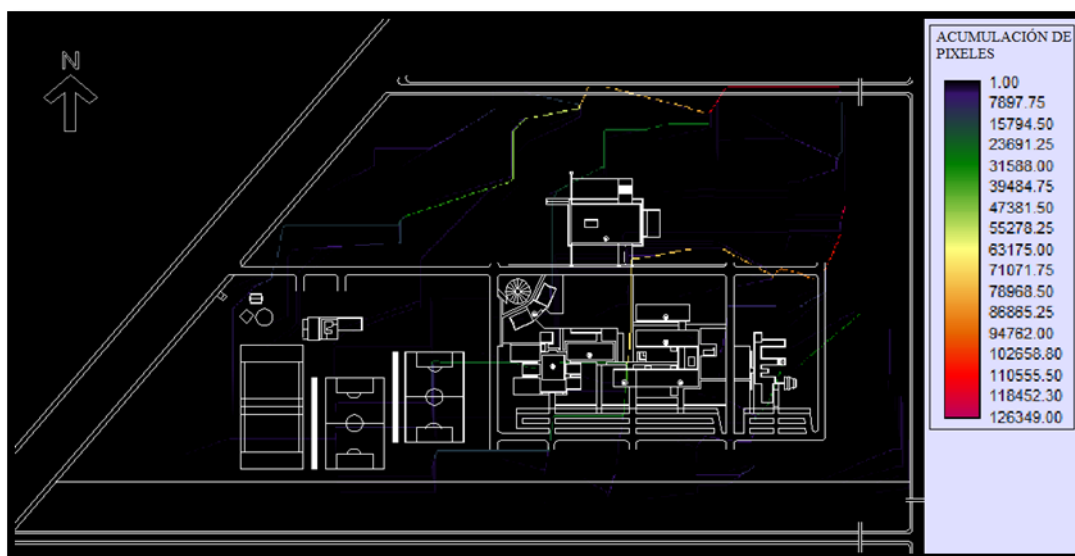


Figura VII.4-1: Red de drenaje (Runoff).



VII.5.- RESULTADOS PARCIALES.

Una vez procesadas las imágenes, se puede apreciar en las Figura VII.5-1 y en la figura VII.5-2 que una de las zonas críticas coincide con la ubicación de la laguna de retención, indicando la acertada ubicación de la misma. Por otro lado se observó que detrás del edificio de la biblioteca, zona adyacente a la calle Cipoletti del barrio Santa Isabel, se genera también una acumulación importante de agua, siendo ambos sectores no edificados hasta el momento. Esta última zona se relevó pedestremente para poder ratificar o no la trayectoria del agua superficial obtenida por la digitalización. De la cual se puede afirmar que los resultados obtenidos a partir del modelo tienen una gran similitud con la realidad. En el Plano N°9 – “Relevamiento Pedestre”, en anexo, se pueden observar imágenes del relevamiento de la zona en cuestión.

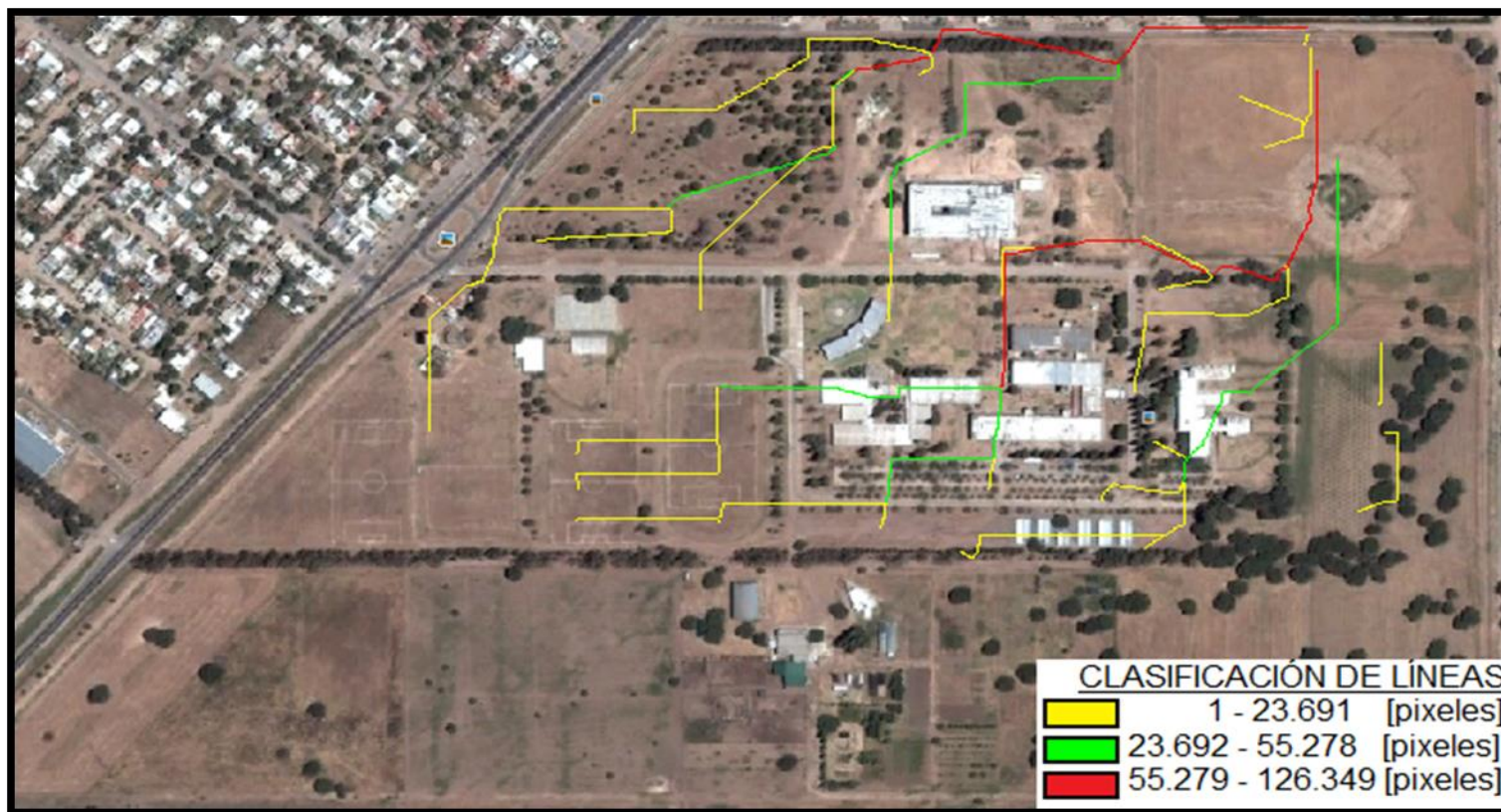


Figura VII.5-1: Red de drenaje en imagen satelital.

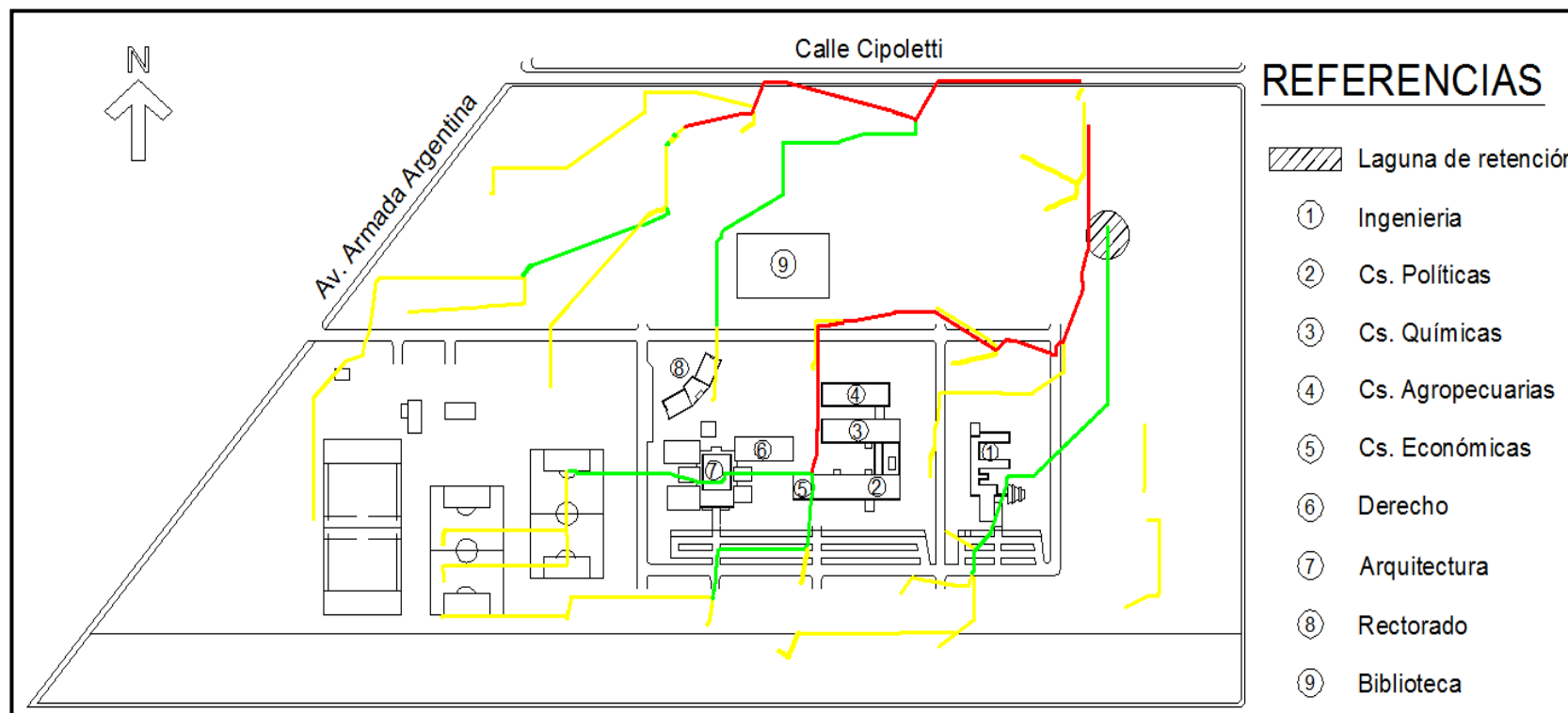


Figura VII.5-2: Red de drenaje geomorfológica del Campus.



CAPÍTULO VIII

EROSIÓN DE SUELOS.

VIII. - EROSIÓN DEL SUELO.

VIII.1.- INTRODUCCIÓN.

Una vez obtenidas las líneas de drenaje superficial, se analizaron las zonas más críticas, evaluando la magnitud de la erosión en los sectores con mayor riesgo.

VIII.2.- OBJETIVOS.

Determinar el grado de erosión superficial en las zonas críticas reveladas en el capítulo anterior.

VIII.3.- BREVE CONTENIDO TEÓRICO.

La erosión es el arrastre de partículas constituyentes del suelo por la acción del agua en movimiento o por la acción del viento.

Es un proceso que se da en tres etapas (ver Figura VIII.3-1):

- Desprendimiento de partícula. (Impacto de la gota sobre la superficie del suelo)
- Transporte. (Esguerrimiento superficial)
- Sedimentación

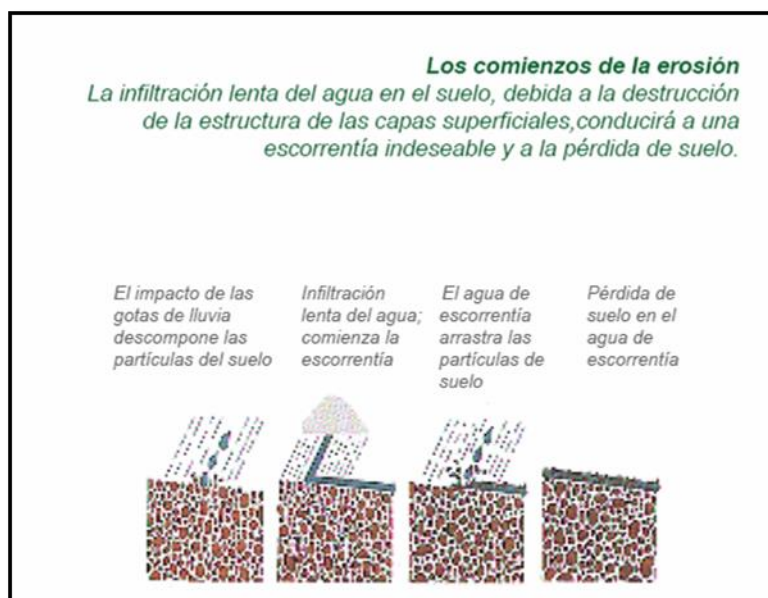


Figura VIII.3-1: Las tres etapas del proceso de erosión.

VIII.3.a. - Erosión por impacto de gota de lluvia.

La gota de lluvia por acción de su impacto sobre la superficie del suelo desnudo, actúa compactando y destruyendo su estructura, haciendo saltar partículas a una cierta altura las cuales son arrastradas por el flujo de agua. Ver Figura VIII.3-2.

El mecanismo que existe para evitar ese efecto es la presencia de biomasa vegetal la cual actúa como una cubierta protectora del suelo. La cubierta vegetal ejerce su acción a dos niveles: uno por encima del suelo y otro por debajo. En el primero, existe un efecto de intercepción de las gotas de lluvia y en el segundo interviene directamente el enraizamiento.



Figura VIII.3-2: Erosión de una gota de agua.

VIII.3.b. - Escurrimiento superficial.

La expresión escurrimiento superficial depende del volumen de la precipitación que cae sobre una cuenca, menos la retención superficial y la infiltración. Mayores detalles del estudio de retención superficial e infiltración en el Campus, escapa a este estudio.

El escurrimiento superficial esta función de:

- Intensidad de la precipitación y de la permeabilidad de la superficie del suelo;
- Duración de la precipitación;
- Tipo de vegetación;
- Extensión de la cuenca hidrográfica considerada;
- Profundidad del nivel freático;
- Pendiente de la superficie del suelo.



VIII.3.c. - Sedimentación.

La sedimentación es el proceso por el cual el material sólido, transportado por una corriente de agua, se deposita en otra zona. Mientras más grande es la pendiente, mayor es la energía cinética, entonces cuando ésta comienza a disminuir se genera el proceso de sedimentación.

VIII.4.- TIPOS DE EROSIÓN.

Al hablar de los tipos de erosión, estos pueden ser de origen natural o antrópico.

Naturales:

- Clima
- Relieve
- Vegetación
- Suelos

Antrópicos:

- Uso y manejo
- Tenencia de la tierra: propietario, medianero, arrendatario
- Educación
- Falta de consulta técnica

Uno de los tipos de erosión hídrica y el de mayor importancia en este caso es la erosión laminar.

Es una erosión superficial. Después de una lluvia es posible que se pierda una capa fina y uniforme de toda la superficie del suelo como si fuera una lámina.

Es la forma más peligrosa de erosión hídrica ya que esta pérdida, al principio es casi imperceptible, solo se verá visible cuando pasado un tiempo haya aumentado su intensidad.

Este proceso da origen a la erosión en surcos y posteriormente en cárcavas.



VIII.5.- CÁLCULO DE EROSIÓN (ZONAS CRÍTICAS).

VIII.5.a. - Fórmula universal para calcular la pérdida de suelo.

$$E=RKLS\text{C}\text{P}$$

E: Pérdida de suelo estimada como promedio anual.

R: Factor de erosividad.

K: Factor de erodabilidad del suelo.

L y S: Longitud y Pendiente.

C: Factor cultivo.

P: Prácticas de manejo.

VIII.5.b. - Línea de drenaje superior.

Ver Figura VII.5-2 (línea roja superior).

$$R: 327$$

$$K = 2.1 [(\% \text{ limo} + \text{arena muy fina}). (100 - \% \text{ arcilla})]^{1.14} * 0.0001 * (12 - \% \text{ MO}) + 3.25(b-2) + 2.5(c-3)$$

$$K = 14.37$$

$$\% \text{ limo} + \text{arena muy fina} = 80\% = 0.8$$

$$\% \text{ arcilla} = 3\% = 0.03$$

$$\% \text{ MO} = 4.1\% = 0.041$$

$$b = 4 \text{ (mala estructura, laminar o masiva)}$$

$$c = 6 \text{ (velocidad de ensayo triaxial } 5.76 * 10^{-3} \text{ cm/hora} < 0.125 \text{ cm/hora)}$$

$$L \text{ y } S: (L/22.1)^m * (0.0650 + 0.04536.P + 0.0065.P^2)$$

$$L \text{ y } S: 0.15$$

$$L: 350 \text{ m}$$

$$P: 1.14\%$$

$$m: 0.3$$

$$C: 0.003 \text{ (pasturas)}$$

$$P: 1$$

$$E=RKLS\text{C}\text{P}= 327 * 14.37 * 0.15 * 0.003 * 1 = \mathbf{2.11(tn/ha.año)}$$



VIII.5.c. - Línea de drenaje inferior.

Ver Figura VII.5-2 (línea roja inferior).

R: 327

$$K = 2.1 [(\% \text{ limo} + \text{arena muy fina}) \cdot (100 - \% \text{ arcilla})]^{1.14} \cdot 0.0001 \cdot (12 - \% \text{ MO}) + 3.25(b-2) + 2.5(c-3)$$

K = 14.37

$$\% \text{ limo} + \text{arena muy fina} = 80\% = 0.8$$

$$\% \text{ arcilla} = 3\% = 0.03$$

$$\% \text{ MO} = 4.1\% = 0.041$$

$$b = 4 \text{ (mala estructura, laminar o masiva)}$$

$$c = 6 \text{ (velocidad de ensayo triaxial } 5.76 \cdot 10^{-3} \text{ cm/hora} < 0.125 \text{ cm/hora)}$$

$$L \text{ y } S: (L/22.1)^m \cdot (0.0650 + 0.04536 \cdot P + 0.0065 \cdot P^2)$$

L y S: 0.12

$$L: 500 \text{ m}$$

$$P: 0.6\%$$

$$m: 0.2$$

C: 0.003 (pasturas)

P: 1

$$E = RKLSCP = 327 \cdot 14.37 \cdot 0.12 \cdot 0.003 \cdot 1 = \mathbf{1.70(tn/ha.año)}$$



VIII.5.d. - Obtención de cada parámetro.

R: factor de erosividad. Dato extraído del INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria), ver Tabla VIII.5-1.

Tabla VIII.5-1: Factor de erosividad

Provincia de Córdoba	
Localidad	R
Bell Ville	402
Córdoba	327
Laboulaye	561
Marcos Juárez	533

K: Factor de erodabilidad del suelo. Este factor depende de los siguientes parámetros:

- **%limo + arena muy fina y %arcilla:** dato extraído del ensayo de sedimentación (pozo 2, muestra 3. Ver Anexo Estudio de suelo). Se eligió este para extraer los datos ya que era el más próximo a la zona crítica de drenaje.
- **%MO:** dato que se obtuvo por el ensayo de Córdoba Ambiente (Ver Anexo Estudio de suelo).
- Los parámetros **b** y **c** se obtuvieron de lo siguiente:

b: Grado de estructura del suelo según la siguiente escala.

- 1: muy buena estructura. Granular muy fina.
- 2: buena estructura. Granular fina.
- 3: estructura granular.
- 4: mala estructura, laminar o masiva.

c: Permeabilidad, según la siguiente escala.

- 1: muy rápida, mayor a 12.5 cm/hora.
- 2: moderadamente rápida, de 6.25 a 12.5 cm/hora.
- 3: moderada, de 2 a 6.25 cm/hora.
- 4: moderadamente lenta de 0.5 a 2 cm/hora
- 5: lenta, entre 0.125 y 0.5 cm/hora
- 6: muy lenta, inferior a 0.125 cm/hora

L y S: Longitud y Pendiente.



En este punto se distinguieron dos líneas de drenaje principales por lo que se obtuvo datos de longitud y pendientes diferentes.

Se determinó las longitudes de las zonas más críticas (líneas rojas, ver Figura VIII.5-1) y con las curvas de nivel (Ver Plano N°1 en Anexo Planos) se pudo establecer la pendiente. Luego con la pendiente se determinó el parámetro m.

Para pendientes hasta 0.5%, $m=0.2$

Para pendientes entre 1% y 3%, $m=0.3$

Para pendientes entre 4% y 5% $m=0.4$

Para pendientes mayores de 5%, $m=0.5$

C: Factor cultivo.

Tabla VIII.5-2: Factor de cultivo.

Manejo de suelos y cultivo	Valor "C"
Monocultura de grano fino convencional	0,15
Monocultivo de grano fino con labranza convencional	0,3
Trigo soja convencional	0,45
Grano fino en siembra directa	0,06
Grano grueso en siembra directa	0,08
Trigo soja en siembra directa	0,11
Pasturas	0,003-0,042
Bosques	0,0001-0,001

P: Prácticas de manejo. Se lo consideró igual a uno ya que no existe rotación de cultivos en la zona de estudio y la pendiente del terreno es muy baja.

VIII.5.e. - Resultados parciales

Si se evalúa la erosión de acuerdo al suelo perdido por año tenemos la siguiente clasificación:

- Erosión ligera pérdida de hasta 5 tn/ha año, ver Figura VIII.5-1.
- Erosión moderada pérdida de entre 5 a 20 tn/ha año, ver Figura VIII.5-2.
- Erosión severa pérdida entre 20 y 60 tn/ha año, ver Figura VIII.5-3.
- Erosión grave pérdida entre 60 y 200 tn/ha año, ver Figura VIII.5-4.
- Erosión muy grave pérdida de más de 200 tn/ha año, ver Figura VIII.5-5.



Figura VIII.5-1: Erosión ligera.



Figura VIII.5-2: Erosión moderada.



Figura VIII.5-3: Erosión severa.



Figura VIII.5-4: Erosión grave.



Figura VIII.5-5: Erosión muy grave.

En el Campus, las dos líneas principales de drenaje están dentro de la categoría erosión ligera con pérdidas menores a 5 tn/ha año.

Haciendo un recorrido in-situ del Campus, podemos notar que las zonas con mayor escurrimiento superficial cuentan con una leve falta de vegetación en las líneas de escurrimiento.



CAPÍTULO IX

VÍAS DE COMUNICACIÓN, PLANEAMIENTO Y URBANISMO.



IX. - VÍAS DE COMUNICACIÓN, PLANEAMIENTO Y URBANISMO.

IX.1.- OBJETO.

El objeto de éste capítulo es analizar en detalle la situación actual del funcionamiento del sistema de transporte público y privado en el Campus de la Universidad Católica de Córdoba, y ver la interacción con el transporte particular, estableciendo también los motivos y/o preferencias de elección por uno u otro sistema por parte de las personas que concurren normalmente. Se estudiará también la eficiencia, el diseño y el estado de, los estacionamientos disponibles (rotación – permanencia media), las vías de comunicación, el sistema de movilidad peatonal y los servicios de infraestructura.

IX.2.- INTRODUCCIÓN.

Para comenzar, se llevaron a cabo encuestas personales, las cuales fueron ejecutadas en distintos horarios del día, como también en distintas facultades y espacios dentro del campus universitario, buscando obtener una muestra representativa. La cantidad total de encuestados fue de 84. Los principales puntos a analizar son entre otros: rol en el campus; horario de entrada y de salida; frecuencia semanal; origen del viaje y medio de transporte (se adjunta al informe una encuesta tipo).

En cuanto a los medios de transporte, se discretizaron en los tres más importantes (auto, combi y colectivo) y se realizaron preguntas específicas, para caracterizarlos y poder concluir sobre sus puntos deficientes. Una vez obtenidas las encuestas, se tabularon en una planilla de Excel, realizando distintos gráficos, de acuerdo a lo considerado como información importante.

Asimismo, se utilizó la herramienta de conteo vehicular, que se realizó en un mismo día (jueves, día crítico), en los horarios picos de movimiento vehicular, los cuales fueron estudiados y analizados con anticipación. Se determinó la realización de 7 conteos, todos en el turno mañana, desde las 07:30 hs. (en intervalos de 1 hora) hasta las 14:30 hs. Es así como se obtuvo elemental y relevante información. Se discretizó entre VT1 – Automóviles, VT1 – Remis, VT2 – Colectivos, VT2 – Combis.

En relación a los automóviles, se ejecutó un conteo de cajones en los distintos estacionamientos de la facultad y se detalló en tres de ellos un conteo de chapas, verificando la rotación y la permanencia media de los mismos.

Además se realizó un intenso estudio, mediante un recorrido personal y relevamiento fotográfico, de las vías de comunicación, del sistema de movilidad peatonal, de las señales y de los servicios de infraestructura. A partir

de lo desarrollado, a continuación se realizarán y detallarán importantes análisis, distintas observaciones y conclusiones.

IX.3.- ENCUESTAS PERSONALES.

Las encuestas se efectuaron en la primera semana de mayo del 2011 en la zona del Campus. Esta información servirá para estudiar en forma adecuada los futuros proyectos de transporte para el Campus como ampliaciones o construcciones de nuevas obras. Se realizaron aproximadamente 10 encuestas por alumno en forma aleatoria, dando un total de 84 personas encuestadas.

Se detalló en la muestra el rol de cada encuestado. En el Gráfico IX.3-1 se ven claramente los distintos roles. Se obtuvo una muestra bastante variada y representativa para el análisis en cuestión.

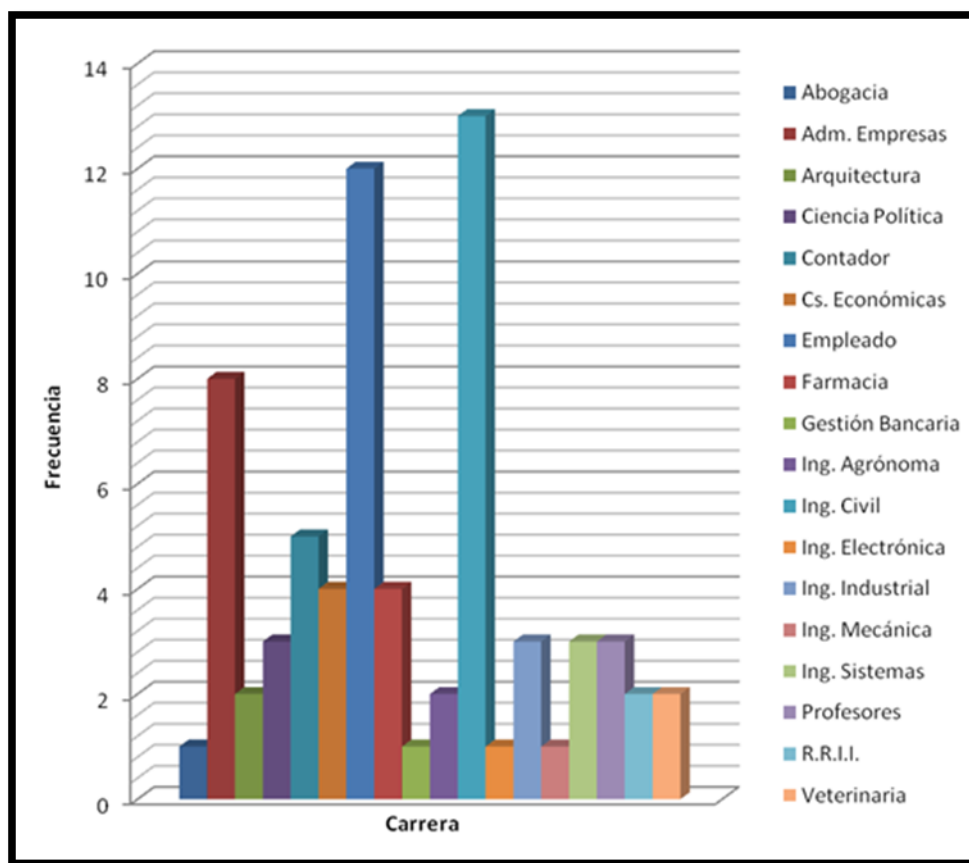


Gráfico IX.3-1: Encuestas de origen y destino.

IX.3.a. - Medio de transporte utilizado.

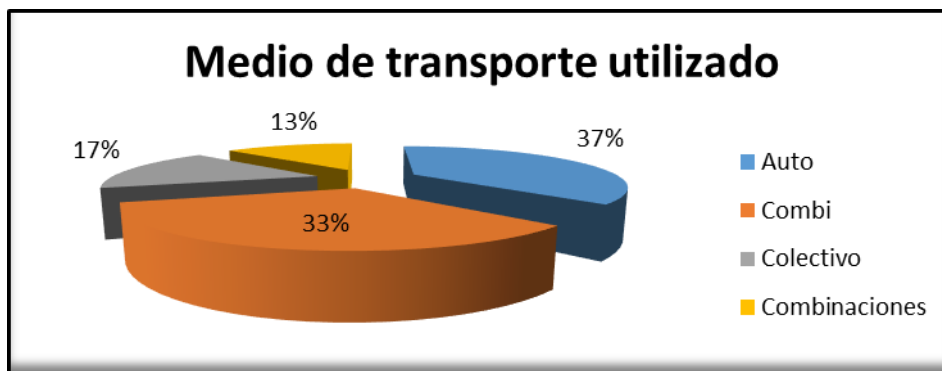


Gráfico IX.3-2: Medio de transporte utilizado.

Un dato relevado fundamental fue el medio de transporte utilizado.

En el Gráfico IX.3-2 se observa rotundamente que el medio de transporte más utilizado es el automóvil. Se puede pensar que se obtienen estos resultados a partir de tener en cuenta, que quienes asisten a la Universidad Católica de Córdoba, pertenecen en su mayoría a la clase social media – alta, siendo ésta, erradamente, la que no utiliza medios públicos de transporte. Estos datos, permiten considerar a los estacionamientos en el Campus como un factor clave.

Más adelante, a su vez, se analizará cómo se encuentran los servicios, tanto el público (colectivos), como el privado (combis).

IX.4.- ESTACIONAMIENTOS.

IX.4.a. - Marco teórico.

Estacionamiento: “Maniobra, cuando se detiene, estaciona y se abandona temporalmente el vehículo” (A.J. URRIBARREN - 1999 - VIALIDAD URBANA).



Los estudios de estacionamientos tienen objetivos claves:

- Establecer requerimientos de estacionamiento.
- Revisar las necesidades físicas para evaluar o incrementar la oferta de estacionamiento.

Tipos de estacionamiento:

--División general:

- No pago.
- Pago.

--Por su localización:

- Estacionamiento en la vía pública.
- Intramanzana.

--Por su función.

- Estacionamientos de uso libre.
- Estacionamiento para carga y descarga.
- Estacionamientos reservados.
- Estacionamientos disuasorios.
- Estacionamientos rotatorios.
- Estacionamientos para residentes.

IX.4.b. - Campus UCC. Capacidad del estacionamiento. Registro de patentes y conteo vehicular.

En el campus de la UCC se encuentran estacionamientos del tipo no pagos, en Intramanzana, de uso libre y algunos cajones reservados (decanos, discapacitados, etc.). Se realizó un conteo de cajones dividido en 6 zonas. Ver Figura IX.4-1.

- 1 - Ingeniería 62.
- 2 - Techados 84.
- 3 - Agronomía 87.
- 4 - Rectorado 42.
- 5 - Biblioteca 40.
- 6 - Administración, Derecho, Arquitectura (Franja frente al Bar) 301.

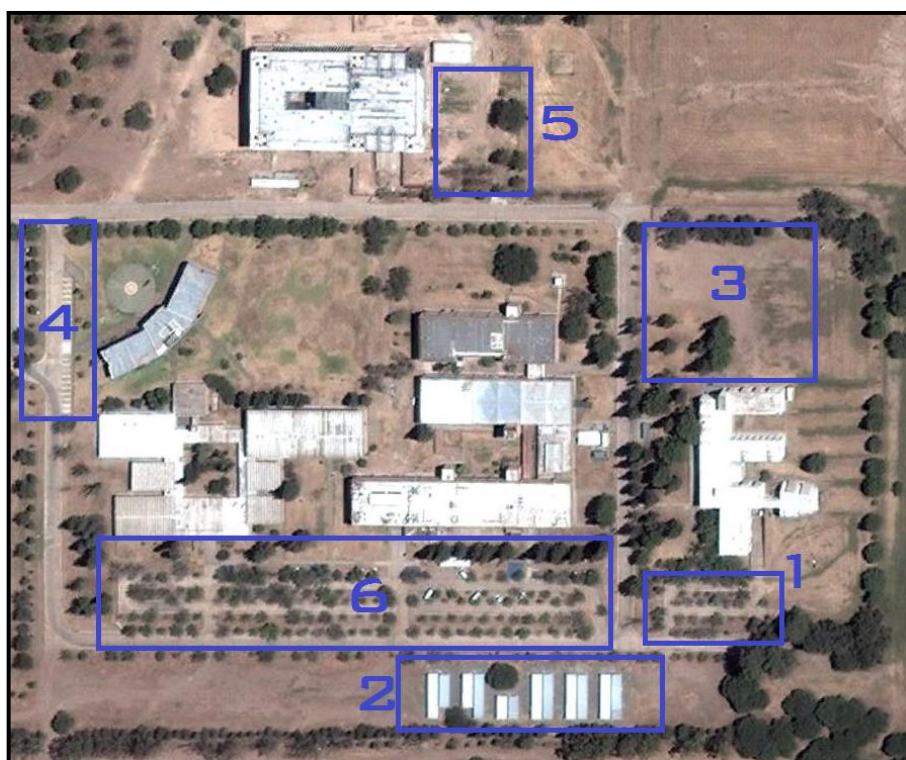


Figura IX.4-1: Zonas de estacionamiento.



Se obtuvo un total de **616** (aproximados) cajones delimitados y diseñados específicamente para estacionar. Debemos aclarar que existen espacios donde se aparkan automóviles, los cuales no se encuentran diseñados para este motivo.

NOTA: Vehículos tipo. (Información extraída del glosario de VIAS III)

-----Desde el punto de vista urbano, los diferentes vehículos automotores que circulan por las calles de una ciudad pueden agruparse en solo dos categorías tipológicas: los vehículos chicos y los vehículos grandes.

Los vehículos chicos VT1, constituyen una clase que abarca todos los vehículos livianos de uso normal en las ciudades, incluidos los vehículos de carga y pasajeros que no tienen ruedas duales en el eje posterior.

El vehículo grande VT2, comprende a todos los vehículos pesados: ómnibus de transporte urbano de pasajeros, camiones de transporte, vehículos de carga de servicios urbanos (por ej., recolección de residuos), camiones para distribución de bienes (abastecimiento comercial), etc.-----

Como comentamos en la breve introducción, se realizaron en tres zonas de estacionamiento (Ingeniería, Derecho, Techados), elegidas al azar, un análisis de chapas.

Sección 1.10 - Registro de patentes. Estudio Zona 1: Estacionamiento Facultad de Ingeniería.

El estudio se llevó a cabo durante 3 horas, y se discretizó cada 1 hs debido a que el módulo mínimo de una clase en la universidad es de 1 hs. Se realizó el primer control a las 16:00 hs y finalizó a las 19:00 hs.

En la zona de ingeniería a las 16:00 hs y 17:00 hs el grado de utilización del estacionamiento es más del 90%, mientras que a las 18:00 hs decae a un 75% y a las 19:00 hs llega a un 59%, por esto decimos que el estacionamiento completo tiene un grado de utilización del 79%. En promedio cada auto ocupa durante 2 hs 29 min cada cajón.

Estos porcentajes no son representativos, para determinar la saturación o no del estacionamiento, ya que se despreciaron los autos que estacionaban en espacios no designados. En la zona determinamos 62 cajones efectivos y en horarios pico hay más autos que el doble de cajones disponibles, estos estacionan en lugares no establecidos para este fin. La situación actual del estacionamiento es crítica, ya que de no ser utilizados los espacios verdes no pensados para estacionar, los lugares disponibles no alcanzarían a satisfacer la demanda.



Tabla IX.4-1: Zona 1: Estacionamiento Facultad de Ingeniería.

	16:00	17:00	18:00	19:00
Autos Fuera de zona de estaciona-mientos	73	77	56	39
Cant de autos estacionados en toda la zona	130	133	103	76
% espacios faltantes	110%	115%	66%	23%



Figura IX.4-2: Zona 1: Estacionamiento Facultad de Ingeniería.



Figura IX.4-3: Zona 1: Estacionamiento Facultad de Ingeniería.



Figura IX.4-4: Zona 1: Estacionamiento Facultad de Ingeniería.
Autos mal estacionados.

También, se realizó un estudio sobre la preferencia de los usuarios de estacionar en un cajón o en una hilera de cajones determinada. Para esto se obtuvo el porcentaje de ocupación de cada cajón para determinar alguna posible tendencia. Para esto se despreciaron los cajones especiales como son los reservados para: discapacitados, profesores, coordinadores, secretario técnico, decano, etc.

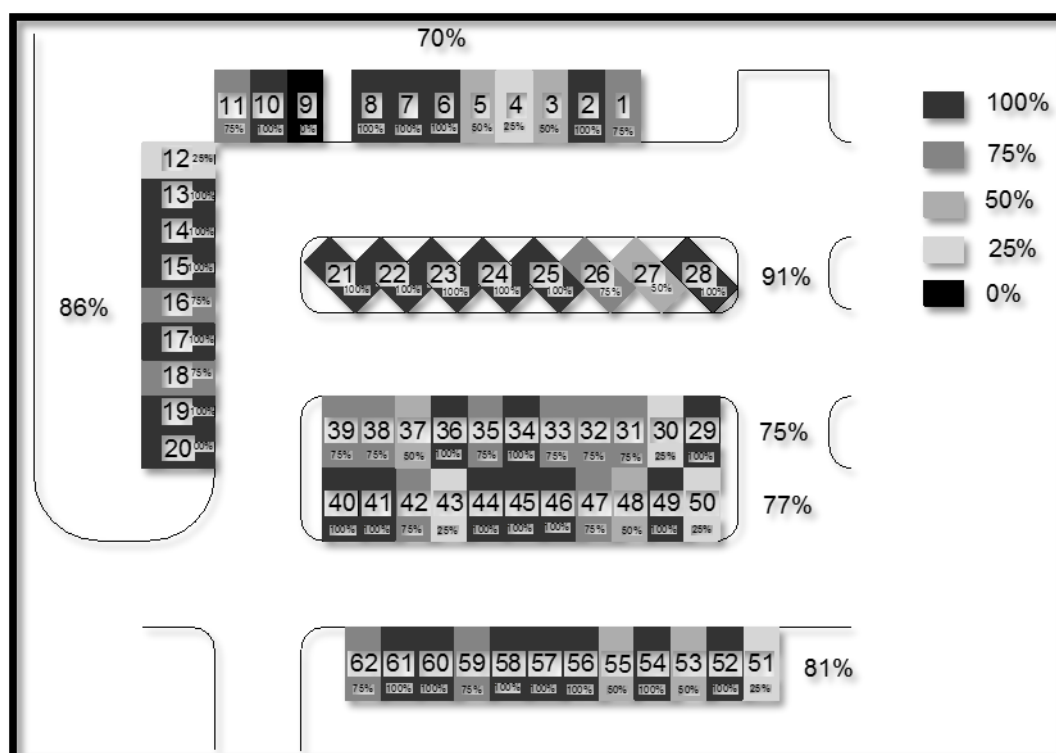


Figura IX.4-5: Grado de utilización. Escala cromática.

Se obtuvo que en la Facultad de Ingeniería los cajones más solicitados son los más cercanos al edificio ocupados el 91% del tiempo. En segundo lugar las hileras más alejada ocupado el 81% del tiempo. Esto es debido a que se ubica en la entrada de la zona de estacionamientos por lo que son los de más fácil y rápido acceso. Además no posee ningún obstáculo que delimite el cajón (valla, arboles muy juntos, etc.). En tercer lugar la hilera central pero que colinda con la calzada de ingreso a la zona al igual que la hilera más alejada, pero a diferencia de ésta, tiene más demarcado los cajones por obstáculos. Y en último lugar la hilera central ocupados el 75% del tiempo.



Sección 1.11 - Registro de patentes. Estudio Zona 2: Estacionamiento Techado.

El estudio se llevó a cabo durante 3 horas, y se discretizó cada 1 hs debido a que el módulo mínimo de una clase en la universidad es de 1 hs. Se realizó el primer control a las 16:00 hs y finalizó a las 19:00 hs.

En la zona de estacionamientos techados a las 16:00 hs y 17:00 hs el grado de utilización del estacionamiento es más del 80% mientras que a las 18:00 hs decae a un 74% y a las 19:00 hs llega a un 59%, por esto decimos que el estacionamiento completo tiene un grado de utilización del 76%. En promedio cada auto ocupa durante 2 hs 40 min cada cajón.

Al igual que en la zona de Ingeniería, no se tuvieron en cuenta los autos estacionados en zonas no designadas, por esto también decimos que estos porcentajes no son representativos, para determinar la saturación o no del estacionamiento. En esta zona hay más autos estacionados que los 84 cajones disponibles.

Tabla IX.4-2: Zona 2: Estacionamiento Techado.

	16:00	17:00	18:00	19:00
Autos Fuera de zona de estacionamientos	40	43	32	25
Autos estacionados en toda la zona	112	112	94	74
% espacios faltantes	45%	45%	16%	0%



Figura IX.4-6: Zona 2: Estacionamiento Techado.



Figura IX.4-7: Zona 2: Estacionamiento Techado.

El estudio sobre la preferencia de los usuarios de estacionar en un cajón o en una hilera de cajones determinada, evidenció que no existe ninguna tendencia. La elección es totalmente aleatoria debido a que los cajones se encuentran prácticamente a la misma distancia de las facultades.

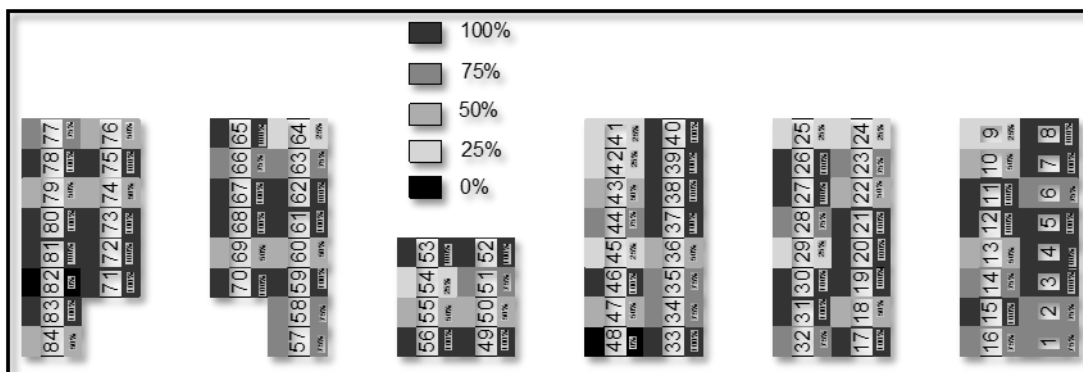


Figura IX.4-8: Grado de utilización. Escala cromática.

Sección 1.12 - Registro de patentes. Estudio Zona 6: Estacionamiento Común (Franja frente al bar).

Para que el estudio tenga sentido y los resultados sean coherentes y representativos, se disminuyó la zona 6 como muestra la siguiente figura, se lo llamó estacionamiento Facultad de Derecho.

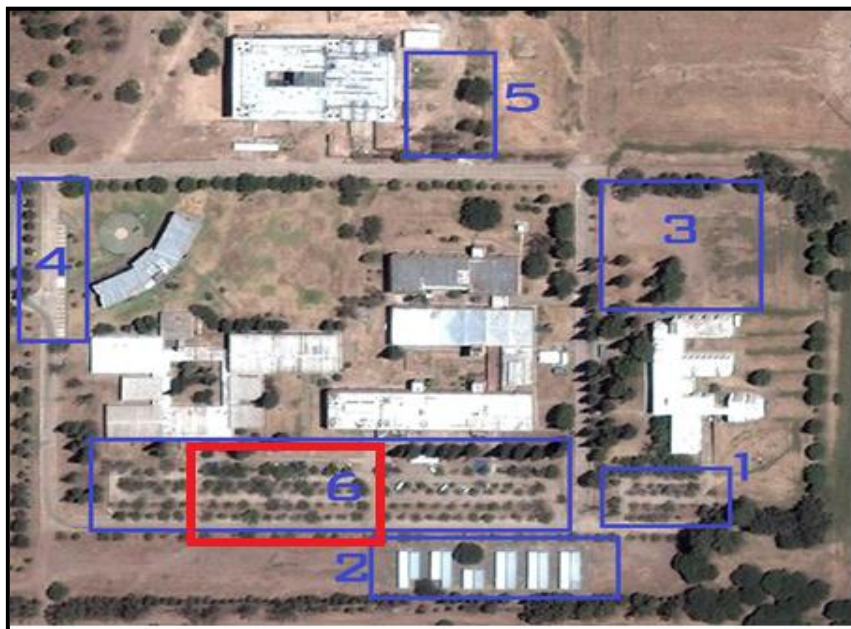


Figura IX.4-9: Estudio Zona 6 acotada: Estacionamiento Facultad de Derecho.

El estudio se llevó a cabo durante 4 horas, y se discretizó cada 1 hs debido a que el módulo mínimo de una clase en la universidad es de 1 hs. Se realizó el primer control a las 09:00 hs y finalizó a las 13:00 hs. El grado de utilización final del mismo es de 62%. En promedio cada auto ocupa durante 4.31hs cada cajón. No se observaron vehículos estacionados en zonas no permitidas, lo que refleja una correlación con el grado de utilización. Esto no sucedió en los anteriores estudios, en los que sobraba lugar y sin embargo se utilizaban espacios verdes para aparcar automóviles.

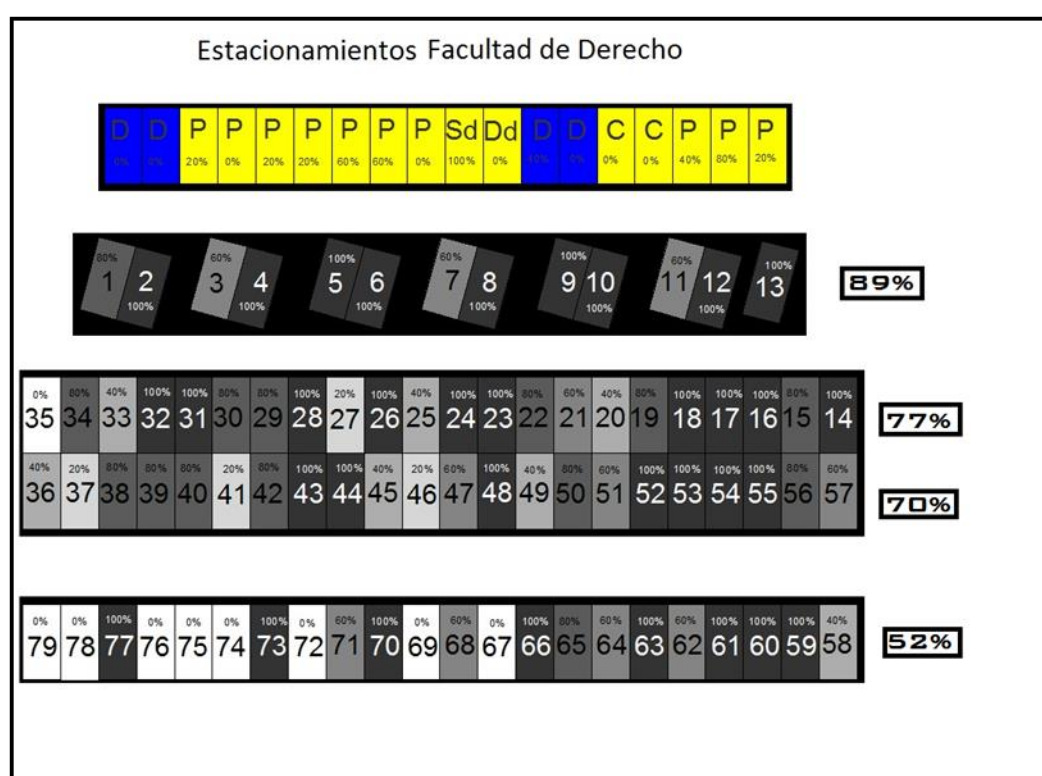


Figura IX.4-10: Grado de utilización. Escala cromática.

El estudio sobre la preferencia de los usuarios de estacionar en un cajón o en una hilera de cajones determinada, evidenció que existe una clara tendencia en querer ubicarse lo más cerca posible del edificio de la Facultad. Se observa claramente en la imagen anterior esto, evidenciando que, los porcentajes de las hileras más cercanas al edificio son superiores a los porcentajes de las hileras más alejadas.



Sección 1.13 - Conteo vehicular. Estudio general.

Como pudimos apreciar en los estudios anteriores, en cada uno de los tres estacionamientos, quedó claro en que, los números obtenidos en los registros de patentes, principalmente el grado de saturación, no es del todo representativo, ya que, estamos obviando los vehículos aparcados en zonas no destinadas a esto.

Antes de sacar algún tipo de conclusión, se deja en claro que no se tuvieron en cuenta los vehículos provenientes de la zona SUR (Alta Gracia), como así también los que iban hacia el SUR, debido a la irrelevancia de los datos obtenidos, en comparación con la dirección NORTE (Córdoba).

Mediante la herramienta conteo vehicular se realizó el siguiente estudio:

Tabla IX.4-3: Conteo vehicular.

		Horarios							Situación más Crítica	
Entrada al Campus		07:30 - 08:30 hs	08:30 - 09:30 hs	09:30 - 10:30 hs	10:30 - 11:30 hs	11:30 - 12:30 hs	12:30 - 13:30 hs	13:30 - 14:30 hs	Veh/h	Porcentaje %
Tipo de Vehículo	VT1	288	249	136	80	110	78	204	288	91%
	VT2	5	5	7	5	4	5	5	5	2%
	VT2 Combis	15	12	7	3	6	3	14	15	5%
	Remis	8	6	4	6	4	1	6	8	3%
Total		316	272	154	94	124	87	229	316	100%

Tabla IX.4-4: Conteo vehicular.

		Horarios							Situación más Crítica	
Salida del Campus		07:30 - 08:30 hs	08:30 - 09:30 hs	09:30 - 10:30 hs	10:30 - 11:30 hs	11:30 - 12:30 hs	12:30 - 13:30 hs	13:30 - 14:30 hs	Veh/h	Porcentaje %
Tipo de Vehículo	VT1	47	40	64	67	137	152	255	255	92%
	VT2	5	5	7	4	5	5	5	5	2%
	VT2 Combis	14	12	2	4	6	3	12	12	4%
	Remis	7	6	4	6	4	1	6	6	2%
Total		73	63	77	81	152	161	278	278	100%



Se realizó un cálculo aproximado para tener una idea si los 616 cajones son suficientes para la demanda existente, el cual se detalla a continuación.

Vehículos en el Campus por Hora			
	Entran	Salen	Veh en el campus
07:30 a 08:30	316	73	243
08:30 a 09:30	272	63	209
09:30 a 10:30	154	77	77
10:30 a 11:30	94	81	13
11:30 a 12:30	124	152	-28
12:30 a 13:30	87	161	-74
13:30 a 14:30	229	278	-49
Cant. De veh en el periodo más crítico			542
Cantidad de Veh. Solo alumnos (suponiendo 1 profesor cada 35 alumnos).			527
Cajones Existentes			616
Cajones Exclusivos			180
Cajones Disponibles			436
Cajones Faltantes			91
Grado de Saturación			121%

NOTA:

El periodo más crítico corresponde a las horas del turno mañana en las cuales se acumulan vehículos en el estacionamiento, estas son de 07:30 a 11:30.

Los cajones exclusivos pertenecen reservados para profesores, decanos, secretarios técnicos y discapacitados.

Concluimos, mediante esta herramienta precisa, que el estacionamiento del Campus se encuentra saturado en un 121%, necesitando la imperiosa y urgente necesidad de construir nuevos espacios destinados al estacionamiento de vehículos.



Afirmando de alguna manera el estudio anterior, se observó en las encuestas un dato importante como es el pedido de más estacionamiento, sobre todo techado, por parte de las personas que utilizan como medio de transporte el automóvil, concluyendo en que si se generaran nuevos espacios, tendrían que ser en lo posible del tipo techados.

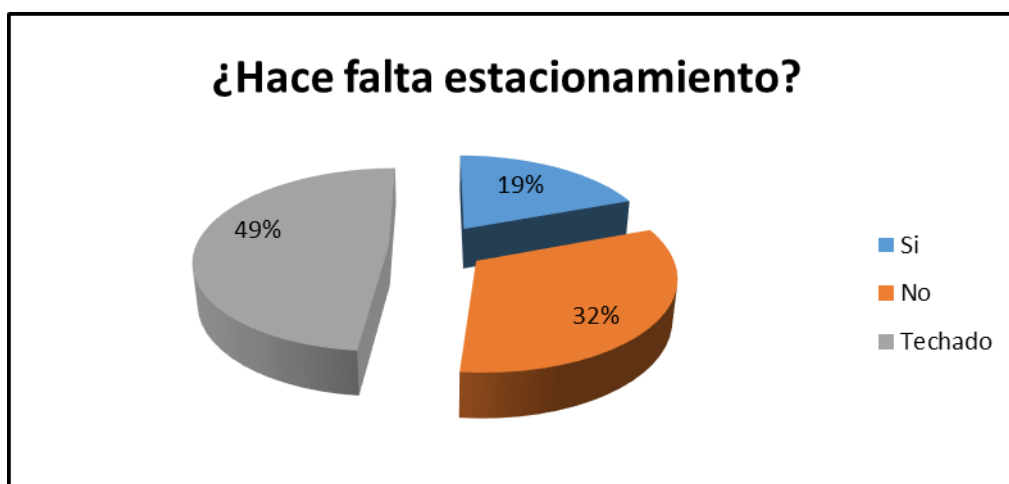


Gráfico IX.4-1: Estacionamiento faltante.

IX.4.c. - Estacionamientos de Combis.

En cuanto a los cajones destinados al estacionamiento de combis, se observó que el lugar estaba precisado y señalizado, aunque no era utilizado. En realidad se utilizaba la dársena de espera para carga de pasajeros para estacionar y hasta cajones destinados a profesores.



Figura IX.4-11: Estacionamiento de Combis.



Figura IX.4-12: Señal Vertical, no reglamentaria.



Figura IX.4-13: Combi mal estacionada.



Figura IX.4-14: Dársena mal utilizada.

Es necesario concientizar a los choferes, para que exista un orden adecuado, respetando normas básicas, como es la de estacionar en el lugar diseñado y conocido con anticipación.



IX.4.d. - Proyección de un nuevo estacionamiento.

Como observamos anteriormente, el estacionamiento actual del Campus de la UCC está saturado. Por lo que a continuación se proyectará, cómo y cuándo, se debería realizar la obra de ampliación del estacionamiento.

Se calcularon los cajones faltantes en la actualidad, y se proyectó, mediante una proyección lineal los faltantes en el futuro.

Proyección de un nuevo estacionamiento.		
Proyección lineal de cajones faltantes. Tasa de crecimiento 4,8%.		
Año	Cajones faltantes	
2011	91	
2016	115	
2021	145	
2026	184	
2031	232	Fin Vida Útil del pavimento rígido.
2036	294	
2041	371	
2047	492	Año de saturación de la vía debido a la capacidad.

A continuación se calculó el área necesaria y se determinó una solución:



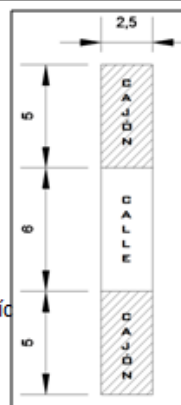
Cálculo del Área Necesaria.

Dimensiones.

Cajón:	2,5m x 5m =	12,5 m ²
Calle central:	2,5m x 6m =	15 m ²
Área: 2 cajones más calle =	40 m ²	

Con accesos y otras obras consideramos un área necesaria por vehículo de 50 m². Por lo tanto:

Área total: 2 cajones + calle + acceso = 50 m²



Año	Cajones necesarios	Área total	Área estacionam. necesaria
2011	91	50 m ²	2275 m ²
2031	232	50 m ²	5810 m ²
2047	492	50 m ²	12302 m ²

Nota: Para calcular las áreas de estacionamiento necesarias, se propusieron estacionamientos en batería a 90°. Estas áreas son aproximadas y van a depender del diseño, ubicación y tipo de estacionamiento a diseñar.

Solución: Se propondrá la construcción en el año 2012, de los estacionamientos necesarios para el año 2031. En este año (2031) se deberá repavimentar debido al fin de la vida útil del pavimento rígido, por lo que se aprovechará la mano de obra y maquinaria disponible para ejecutar también las calles y el estacionamiento necesario para el año 2047, año en el cual se deberá redimensionar el circuito interno de circulación del Campus debido a la saturación de la vía por la capacidad.

IX.5.- TRANSPORTE MASIVO DE PASAJEROS.

El servicio de colectivos y el servicio de combis juegan un papel fundamental, si hablamos de medios de transporte. Como vimos al comienzo del desarrollo, se observó que el 50% (Combi 33%, colectivo 17%) de las personas utilizan a estos medios como transporte al campus de la UCC. Un factor importante por el cual sería conveniente mejorar, promocionar, entre otras cosas, los servicios masivos de transporte, es el de alivianar el caudal de automóviles, por consiguiente, la cantidad de estacionamientos ocupados en el campus.

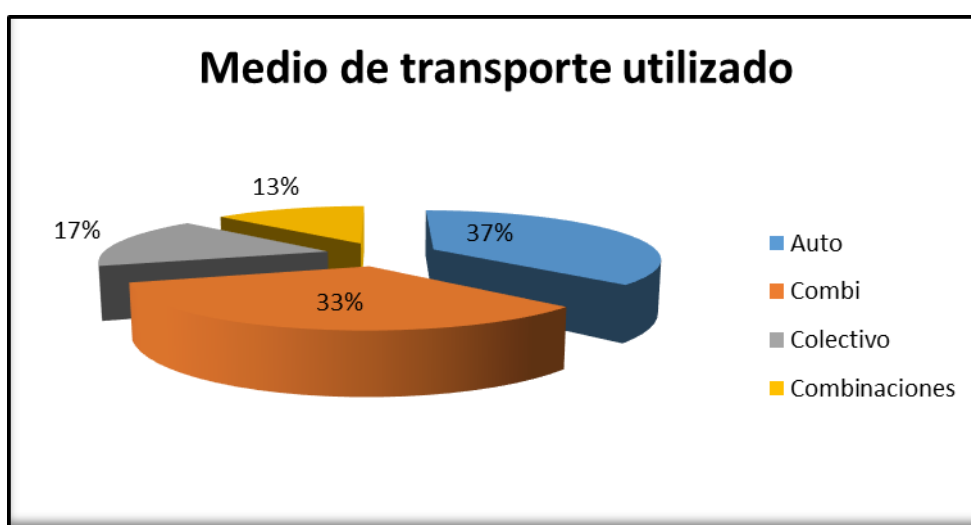


Gráfico IX.5-1: Medio de transporte utilizado.

El transporte masivo de pasajeros, genera costos que están dados por sus externalidades: congestión, ruido, contaminación atmosférica, accidentalidad, contaminación visual y consumo de energía. Los factores a tener en cuenta son: frecuencia, tiempo de viaje (este es el más importante, define la calidad del servicio, se compone de, tiempo a pie, de espera a bordo, incertidumbre, inconveniencia), confiabilidad, precio del boleto, confort.

El transporte masivo de pasajeros facilita la circulación, un autobús por ejemplo, puede transportar a más de a 60 personas utilizando la misma superficie que dos coches que en promedio llevan 1,10 personas cada uno, y no ocupan espacio de estacionamiento. También son mucho más eficaces que los transportes individuales en términos de consumo de energía. Hay que tener en claro que no prestan el mismo servicio que un medio de transporte individual: somete al usuario a horarios, se limita el transporte de equipaje, etc. Tienen "rigidez de trayectos" y "rigidez de horarios". Sin embargo, con una buena red



de transporte público se pueden cubrir todos los trayectos posibles con un tiempo de espera corto. Esto es deficiente en la ciudad de Córdoba, principalmente por su extenso ejido municipal, lo que haría inviable económicamente el servicio, aunque las políticas de estado son generalmente deficientes.

Se observó en las encuestas personales que los usuarios del transporte masivo de pasajeros lo eligen, fundamentalmente, porque es económico. Se basan en que en la actualidad, es demasiado costoso el mantenimiento de un automóvil, como también utilizar un taxi o un Remis.

Manifiestamente se inclinan, a la hora de elegir uno de los dos servicios (colectivo, combi), por el de las combis, basando su elección en aspectos fundamentales como: confort, seguridad, tiempos de viaje, frecuencia, conformidad, entre los más destacados, siendo ampliamente favorable en las combis. Sin embargo, debemos aclarar también que la frecuencia del colectivo que ingresa (R4), siendo este un servicio público, es buena, siendo la misma de 5 VT2 por hora (dato extraído del conteo vehicular, el cual es aproximadamente el mismo que se publica en la municipalidad de Córdoba), como también destacar que ambos servicios tienen similares tiempos de espera y la distancia caminada por los usuarios hasta las paradas es prácticamente la misma, puntos a favor del colectivo, teniendo en cuenta que es un servicio con boleto más barato.

Como se mencionó previamente, quienes asisten a la Universidad Católica de Córdoba, pertenecen en un gran porcentaje a la clase social media – alta. Principalmente creo yo, por este motivo, que es difícil aumentar en gran número, el uso del transporte masivo de pasajeros, debido a que la mayoría, utiliza el automóvil como medio de transporte, siendo demasiado difícil dejar este por otro.

Esta observación se vio reflejada en el momento en que a los encuestados que utilizan el automóvil se les consultó, que si en el caso de que existiera un servicio más eficiente de transporte masivo de pasajeros lo utilizarían, y un 58% expresó un no como respuesta, principalmente, como decíamos antes, porque somete al usuario a horarios, se limita el transporte de equipaje y tienen "rigidez de trayectos" y "rigidez de horarios". El 42% restante (elevado porcentaje en la muestra) cuenta con personas que radican en otras ciudades (Unquillo, Colonia Caroya, etc.) o en barrios muy alejados al centro de la ciudad de Córdoba, como así también cuenta con personas que no son estudiantes (masa crítica en el estudio). Teniendo en cuenta estos detalles, ese 42% no estaría reflejando un valor certero y preciso. Podemos concluir en que no sería coherente prestar un servicio masivo de pasajeros para personas de otras localidades, como inviable económicamente (ya expresado anteriormente) un servicio en la totalidad del ejido municipal de la ciudad de Córdoba, debido

a que este, es demasiado extenso. Con esto no quiero decir, que no se debería mejorar, optimizar, perfeccionar el transporte masivo de pasajeros. Esto es necesario para lograr un aumento en su utilización.



Gráfico IX.5-2: Servicio más eficiente.

IX.5.a. - Propuesta para perfeccionar el transporte masivo de pasajeros.

Suponemos que, una de las principales razones de la no utilización de este servicio es que en el barrio Nueva Córdoba, zona donde parten la gran cantidad de personas que asisten al Campus (principalmente estudiantes), el servicio llega habitualmente saturado con usuarios que ingresan al colectivo en zonas anteriores, por lo que los estudiantes se ven casi siempre obligados a viajar a través de otro medio de transporte.

Esta saturación del servicio, se debe a que el recorrido de la línea R4 es muy extenso, transitando toda la ciudad, por lo que la zona de Nueva Córdoba incluyendo el Centro, se ubican en el medio de este recorrido.

Se propone para solucionar este conflicto, implementar un colectivo exclusivo para estudiantes, por parte de la empresa prestadora, disponible en los horarios pico, que son de 7:30 a 8:30 hs y de 13:30 a 14:30 hs como se pudo verificar en el conteo vehicular. Teniendo un recorrido más acotado y directo desde Nueva Córdoba con destino al Campus.

Un supuesto recorrido se ve en la Figura IX.15. De este modo, los estudiantes podrían aprovechar de un servicio más eficiente.



Esta propuesta ayudaría a corregir la situación actual de escases de lugares de estacionamientos en el Campus. Creemos que una parte de los usuarios de vehículos particulares optaría por este servicio, descongestionando parcialmente los sectores para estacionar.

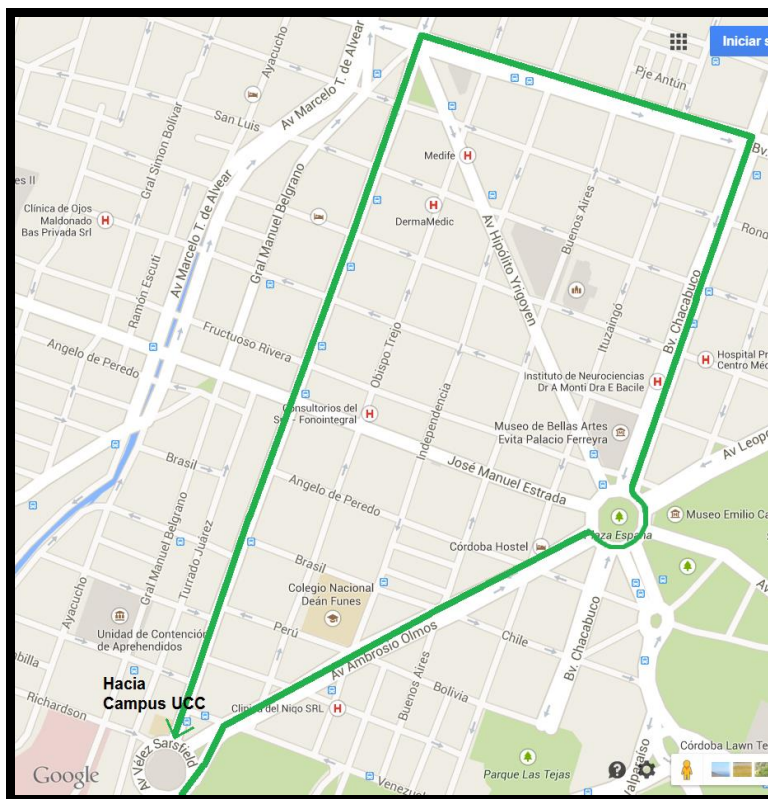


Figura IX.5-1: Propuesta transporte urbano (Fuente: Propia)



IX.6.- VÍAS DE COMUNICACIÓN.

IX.6.a. - Capacidad de la vía.

Definimos el termino capacidad: “es el número máximo de vehículos que pueden pasar, en una determinada unidad de tiempo, por un determinado punto de una trocha o calzada, en un sentido (o en ambos para caminos de dos trochas indivisas) bajo las condiciones prevalecientes, tanto del propio camino como del tránsito”.

Para el cálculo de la capacidad se utilizó el dato extraído del “Transportation Research Board” de los EE.UU. Suponiendo a las condiciones de calzada y tránsito como las ideales, la capacidad es de 3200 veh/h para ambos sentidos. Este valor es demasiado grande para la vía a analizar, la cual es la de entrada y salida del Campus, ya que esta privilegia la accesibilidad y no la movilidad, por lo que se decidió adoptar un valor más acorde a la situación actual y real de 2800 veh/h.

Utilizando la herramienta del conteo vehicular, se verificó que el momento crítico de la capacidad de la vía en estudio, es en el horario de las 13.30 – 14.30 hs. Siendo de 229 veh/h en el ingreso y 278 veh/h en la salida. Sumados obtenemos una capacidad de 507 veh/h, siendo este un valor que abarcaría un 18% aproximadamente, del total de la capacidad de la vía. Con esto se calculará el año en el que la vía se saturará. A través del rectorado, se obtuvo el dato de la tasa de crecimiento de alumnos de UCC, el cual es de un 4.8%. Utilizando una proyección lineal y otra exponencial se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla IX.6-2: Proyección lineal.

Proyección Lineal.	
Año.	Capacidad [VEH/H].
2011	507
2021	810
2031	1295
2041	2069
2047	2742
2048	2873

Tabla IX.6-1: Proyección Exponencial.

Proyección Exponencial.	
Año.	Capacidad [VEH/H].
2011	507
2021	819
2031	1324
2041	2140
2046	2720
2047	2854

Se verificó en la proyección lineal que la saturación de la vía en estudio se dará en el año 2048, mientras que en la proyección exponencial se dará en el año 2047. Siendo más conservadores, adoptaremos el resultado obtenido por la proyección exponencial.

En conclusión, la vía de entrada y salida del Campus, se saturará en el año **2047**, con una capacidad de **2854 [Veh/h]**.

Sección 1.14 - Estado de la vía.

Sección 1.14.1 - Relevamiento fotográfico y recorrido personal.

El estado de la calzada es en general muy bueno, en todas las vías del Campus. Se observaron algunos baches y fisuras menores, como también algunas dificultades en el escurrimiento, debido a pendientes inferiores a las mínimas, tanto transversales como longitudinales. En el Plano N°11 del Anexo, se encuentra la ubicación de algunas fallas del pavimento. El punto más flojo claramente es el emplazamiento de reductores de velocidad, totalmente inapropiados y molestos ubicados en distintos sectores, provocando daños a los vehículos y produciendo un sonido demasiado molesto. Cabe también aclarar que no se encuentran homologados, ni incluidos en ningún tipo de normativa. Los cordones cumplen con medidas regidas por norma, incluyendo cordones del tipo montable en donde es necesario. La separación desde el cordón a postes de alumbrado, señales y a cualquier obstáculo, cumple con los 0.50m requeridos. Se destaca un reductor de velocidad muy bien resuelto y realizado, a la altura de la nueva biblioteca (senda peatonal a nivel vereda).



Figura IX.6-1: Fisura.



Figura IX.6-2 – Reductor de velocidad inapropiado.



Figura IX.6-3 – Reductor de velocidad bien resuelto (senda peatonal a nivel de vereda).



Figura IX.6-4 – Bache.



Figura IX.6-5 – Bache.



Figura IX.6-6 – Escurrimiento incompleto – Pendientes insuficientes.



Figura IX.6-7 – Escurrimiento incompleto – Pendientes insuficientes.



Sección 1.15 - Evaluación del estado del pavimento.

La estimación del estado del pavimento consiste en el relevamiento de las siguientes fallas:

- Deformación longitudinal (D1);
- Deformación transversal (D2);
- Fisuración (D3);
- Desprendimientos o baches (D4).

Fórmula general del Índice de Estado:

$$IE = 10 * e^{-\sum a_i * D_i}$$

Dónde:

e: Base de los logaritmos neperianos.

ai: Coeficientes de peso que dependen del tipo de la capa de rodamiento.

Di = Grados de falla, adoptan valores entre 0 y 10, correspondiendo los mayores valores a las situaciones más desfavorables.

Para pavimentos rígidos, el índice de estado se calcula teniendo en cuenta únicamente dos fallas superficiales, la deformación longitudinal (D1) y la fisuración (D3) con la siguiente expresión:

$$IE = 10 \times e^{-(0,05D1 + 0,09D3)}$$



La determinación del coeficiente D1 se realiza mediante la utilización de un equipo de medición dinámica llamado rugosímetro. Consiste básicamente en una rueda de ensayo que se encuentra montada dentro de un bastidor rectangular mediante dispositivos de suspensión y amortiguación. Al ser remolcado el conjunto a lo largo del camino, la rueda de ensayo oscila verticalmente con respecto al bastidor horizontal, en proporción a las deformaciones de la calzada, lo cual es medido y registrado en el aparato. Con la información medida del rugosímetro que indica el total del movimiento vertical descendente efectuado por la rueda de ensayo (en metros por kilómetros de camino), se ingresa a la siguiente tabla:

Tabla IX.6-3: Coeficiente D1.

Rugosidad [m/Km]	Coeficiente D1
0 - 1.1	0
1.2 - 1.4	1
1.5 - 1.7	2
1.8 - 2.0	3
2.1 - 2.3	4
2.4 - 2.7	5
2.8 - 3.3	6
3.4 - 3.9	7
4.0 - 4.5	8
4.6 - 5.0	9
> 5.0	10

Al no disponer de un equipo de medición de la rugosidad, optamos por proponer un valor D1 que considere el grado de la deformación longitudinal, siendo este igual a 1.

La determinación del coeficiente D3 consiste en estimar el grado de fisuración de la calzada comparando la fisuración existente con los esquemas de la siguiente tabla:



Tabla IX.6-4: Descripción – Fisura tipo.

DESCRIPCION	D	FISURA TIPO
NINGUNA FISURACIÓN.	0	
FISURAS FINAS, AISLADAS UBICADAS AL AZAR, QUE NO FORMAN CELDAS.	2	
FISURAS REGULARES (ANCHO MENOR 2MM) TRANSVERSALES, LONGITUDINALES O DE ESQUINA QUE SUBDIVIDEN A LAS LOSAS EN PAÑOS GRANDES.	4	
AGRIETAMIENTOS IMPORT (> 2MM) TRANSV., LONG., DIAGONALES QUE SUBDIVIDEN LAS LOSAS EN PAÑOS CHICOS, BORDES CON DESPREND SUPERF., Y/O EXISTENCIA DE TAREAS DE BACHEO C/MEZCLA ASFÁLTICA.	6	
AGRIETAMIENTOS Y DESPRENDIMIENTOS PROFUNDOS, MOVIMIENTO RELATIVO DE PANES DE MATERIAL, VARIACIÓN DEL PERFIL DE LA CALZADA Y/O FORMACIÓN DE BACHES AISLADOS.	8	
GENERALIZACIÓN DE DESPRENDIMIENTOS DE PANES DE MATERIAL Y/O FORMACIÓN DE BACHES, BLOQUES HUNDIDOS O ASENTADOS.	10	



Luego de inspeccionar visualmente las fallas y de compararlas. Determinamos un coeficiente $D3 = 4$. Valor que representa en forma global a todas las calzadas dentro del campus.

Por último nos queda:

$$IE = 10 \times e^{-(0,05 \times 1 + 0,09 \times 4)}$$

$$IE = 7 \text{ [Valor que define un estado bueno del pavimento].}$$

A pesar de que se encontraron en algunas zonas fallas en el pavimento, que se podrían reparar fácilmente y con bajo costo; se puede decir que actualmente el pavimento se encuentra en buen estado sin la necesidad de una atención urgente; pudiendo así cumplir con sus funciones tanto estructurales, de transferir y soportar las cargas de los ejes vehiculares, como de dar seguridad y confort a la hora de transitar.



IX.6.b. - Paquete estructural: Pavimento rígido.

El tipo de pavimento utilizado es rígido, de hormigón, el cual se encuentra en un estado óptimo. Estos pavimentos difieren mucho de los de tipo flexible. En un pavimento rígido, debido a la consistencia de la superficie de rodadura. Se produce una buena distribución de las cargas, dando como resultado tensiones muy bajas en la subrasante.

Cuando se relevó la infraestructura vial del Campus de la UCC, se concluyó con que la totalidad de las vías del emplazamiento en estudio fueron hechas de pavimentos rígidos, y su construcción data de aproximadamente los años 1987-1993 según datos de Secretaría.

Se estimará la capacidad remanente de las vías del Campus, lo que nos permite saber si el pavimento puede garantizar el desempeño de sus funciones y por cuánto tiempo puede hacerlo.

Sección 1.16 - Función de la estructura de un Pavimento Rígido.

Para cumplir su función la estructura de un pavimento debe ser:

- a) **Segura:** Una textura superficial adecuada para que los vehículos no se deslicen, con adecuado drenaje superficial para evacuar rápidamente el agua y un color que evite los reflejos y el encandilamiento.
- b) **Cómoda:** La superficie debe ser regular transversal y longitudinalmente para evitar los brincos u oscilaciones de los vehículos y lograr un bajo nivel de ruido.
- c) **Durable:** Se logra con los mejores criterios de diseño, óptima calidad de los materiales y adecuadas técnicas constructivas que garanticen, dentro del menor costo, el cumplimiento del diseño en la vida útil estimada.

Sección 1.17 - Elementos que integran un Pavimento Rígido.

a) **Subrasante:** Es la capa de terreno de una calzada que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto. Esta capa puede estar formada en corte o relleno y una vez compactada debe tener las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos finales de diseño.

El espesor de pavimento dependerá en gran parte de la calidad de la subrasante, por lo que ésta debe cumplir con los requisitos de resistencia, incompresibilidad e inmunidad a la expansión y contracción por efectos de la



humedad, por consiguiente, el diseño de un pavimento es esencialmente el ajuste de la carga de diseño por rueda a la capacidad de la subrasante.

b) Subbase: Es la capa de la estructura de pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie de rodadura de pavimento, de tal manera que la capa de subrasante la pueda soportar absorbiendo las variaciones inherentes a dicho suelo que puedan afectar a la subbase. La subbase debe controlar los cambios de volumen y elasticidad que serían dañinos para el pavimento.

Se utiliza además como capa de drenaje y contralor de ascensión capilar de agua, protegiendo así a la estructura de pavimento, por lo que generalmente se usan materiales granulares. Al haber capilaridad en época de heladas, se produce un hinchamiento del agua, causado por el congelamiento, lo que produce fallas en el pavimento, si éste no dispone de una subrasante o subbase adecuada. Esta capa de material se coloca entre la subrasante y la capa de base.

c) Superficie de rodadura: Es la capa superior de la estructura de pavimento, construida con hormigón, por lo que debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, basan su capacidad portante en la losa, más que en la capacidad de la subrasante, dado que no usan capa de base. El espesor de la capa fue medido, gracias que existían testigos anteriores extraídos. La medición fue de 18cm.



Figura IX.6-8: Campus UCC. Pavimento rígido en buen estado.

Sección 1.18 - Estimación del paquete estructural.

En el relevamiento del paquete estructural, se tomó como dato de referencia un testigo de la zona del Rectorado, que nos permite estimar la composición del mismo:

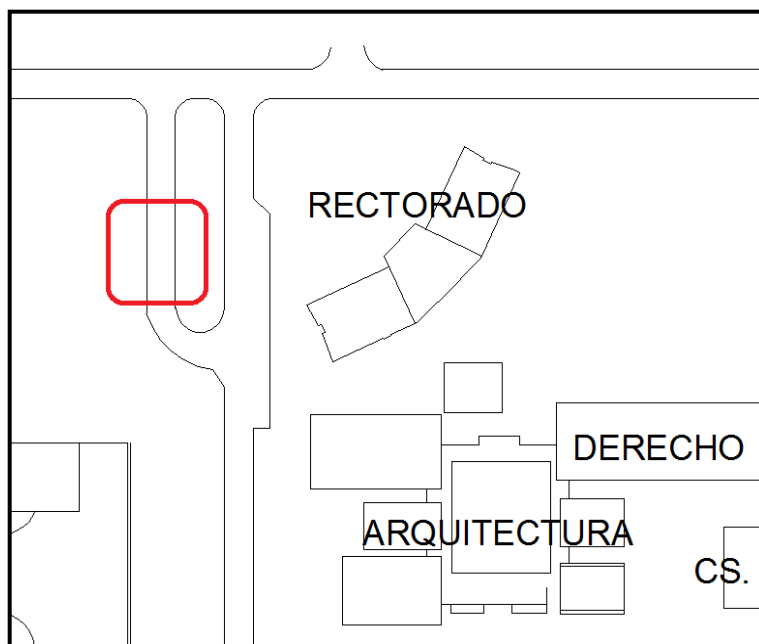


Figura IX.6-9: Ubicación del testigo.

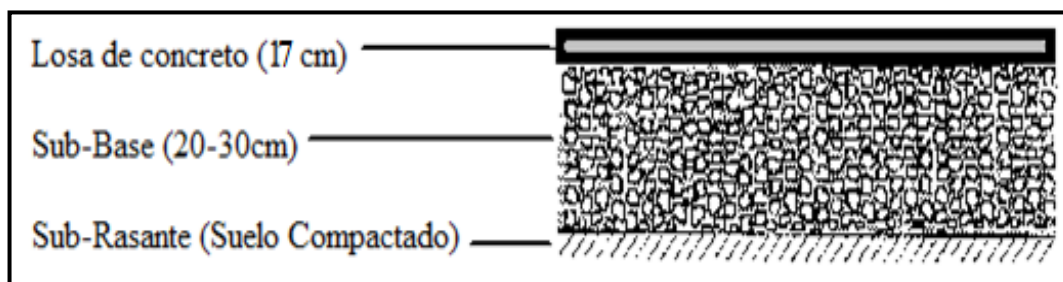


Figura IX.6-10: Testigo.



Figura IX.6-11: Medición superficie de rodadura.

En base a la medición del testigo, podemos estimar la composición del paquete estructural de la siguiente manera:



Sección 1.19 - Capacidad remanente del paquete estructural.

Estimado de esta manera el paquete estructural de los pavimentos del Campus de la UCC, se estudió como se podía conocer la capacidad remanente del mismo.

Un pavimento rígido puede fallar por dos motivos principalmente: por ejes equivalentes o por vida útil.



Sección 1.19.1 - Cálculo de Ejes Equivalentes.

La carga producida por ejes equivalentes es la que puede soportar la estructura de pavimento después de su construcción.

Método de Diseño AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials).

Datos para el cálculo:

- **K**= Modulo efectivo de reacción del terreno= 800 psi
- Espesor de base= 15 cm
- Módulo resiliente= $CBR \times 1500 = 12 \times 1500 = 18000 \text{ psi} = 18000 \text{ lb/pulg}^2$
- Módulo de elasticidad de la base= $50 \text{ kg/cm}^2 = 711 \text{ lb/pulg}^2$
- **E_c**= Modulo de elasticidad del concreto= $5 \times 10^6 \text{ psi}$
- **S'c o MR**= Resistencia a la flexión por tensión (S_c) o Módulo de Ruptura (MR)= $45 \text{ kg/cm}^2 = 640 \text{ psi}$.
- **J**= Coeficiente de transferencia de carga= 3.8
- **C_d**= Coeficiente de drenaje=1.3
- **S_o**= Desviación estándar general= 0.34
- **R**= Confiabilidad= 80% (pág. 119)
- **ΔPSI**= pérdida de durabilidad de diseño= 4,5-2,5= 2
- **D**= Espesor de la losa= 17cm
- **W₁₈**= 3.000.000

Descripción de la obtención de cada valor:

K = para obtener el valor del módulo efectivo de reacción del terreno se necesitó determinar 3 valores. El espesor de la base, que fue sacado del paquete estructural de la municipalidad de Córdoba, el módulo resiliente, que se determinó por aproximación sabiendo el CBR, y por último el módulo de elasticidad de la base, que se tomó el calculado por el ensayo de compresión simple, en este último punto se supuso que debido al espesor de 17 cm de la carpeta de rodamiento, la misma fue asentada sobre el suelo natural, solo retirando la parte orgánica. Una vez determinados estos tres valores, con el Abaco N°1 se obtuvo el valor de K.



S_c o MR = Debido a que los pavimentos de concreto trabajan principalmente a flexión, el diseño considera, la resistencia a la flexión por tensión (S_c) o Módulo de Ruptura (MR). Este valor en calles urbanas principales puede tomarse como 45 kg / cm².

J = el cálculo del coeficiente de transferencia de carga se determinó de la Tabla N° 2, teniendo en cuenta dos características:

- Es hormigón armado con juntas
- No tiene banquetas

C_d = Coeficiente de drenaje se determinó de la Tabla N°3. Primero se estableció cuanto era el tiempo que tardaba en drenar toda el agua nuestro pavimento y luego se sacó el porcentaje de cantidad de veces que llueve en el año. Se estimó que llueve 42 veces al año, este número se lo dividió por 360 y se lo multiplicó por 100.

S_o = La desviación estándar general para pavimentos rígidos es 0.34, Tabla N°1.

R = Para determinar la confiabilidad se tuvo en cuenta la existencia de dos tipos de caminos, calles colectoras y locales (acceso a estacionamientos).

$$\Delta\text{PSI} = \text{pérdida de servicialidad de diseño} = 4,5 - 2,5 = 2$$

Teóricamente la pérdida de servicialidad de diseño va de 5 a 1. Para pavimentos de hormigón el máximo índice de servicialidad es de 4,5. Este corresponde al año inicial, y se considera un mínimo admisible de 2,5 apto para la circulación de vehículos.

D = El espesor de la losa se midió mediante la obtención de un testigo en la carpeta de hormigón.

Luego de la obtención de todos estos parámetros se ingresó a los ábacos N°2 y N°3 y se determinó el número de ejes equivalentes que debían pasar por la calzada antes de la reconstrucción.

Deben pasar 3.000.000 de ejes de 8.2tn antes de necesitar una nueva reconstrucción.



Sección 1.19.2 - Tablas y ábacos.

Tabla IX.6-5: Desvío estándar.

Condición de diseño	Desvío standard
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento sin errores en el tránsito	0,34 (pav. rígido)
	0,44 (pav. flexible)
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento con errores en el tránsito	0,39 (pav. rígido)
	0,49 (pav. flexible)

Tabla IX.6-6: Coeficiente de transferencia de cargas (J).

Banquinas	Concreto asfáltico		Hormigón vinculado a calzada	
Mecanismo de transferencia de cargas	Si	No	Si	No
Tipo de pavimento				
Hormigón simple o armado con juntas	3.2	3.8-4.4	2.5-3.1	3.6-4.2
Hormigón armado continuo	2.9-3.2	-----	2.3-2.9	-----

Tabla IX.6-7: Coeficiente de drenaje.

Calidad de drenaje	50% de saturación en:	85% de saturación en:
Excelente	2 horas	2 horas
Bueno	1 día	2 a 5 horas
Regular	1 semana	5 a 10 horas
Pobre	1 mes	más de 10 horas
Muy pobre	El agua no drena	mucho más de 10 horas

Calidad del drenaje	% de tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	< 1%	1 - 5%	5 - 25%	> 25%
	1,40 - 1,35	1,35 - 1,30	1,30 - 1,20	1,2
	1,35 - 1,25	1,25 - 1,15	1,15 - 1,00	1
	1,25 - 1,15	1,15 - 1,05	1,00 - 0,80	0,8
	1,15 - 1,05	1,05 - 0,80	0,80 - 0,60	0,6
	1,05 - 0,95	0,95 - 0,75	0,75 - 0,40	0,4



Tabla IX.6-8: Confiabilidad del camino.

Tipo de camino	Confiabilidad recomendada	
	Zona urbana	Zona rural
Rutas interestatales y autopistas	85 - 99,9	80 - 99,9
Arterias principales	80 - 99	75 - 99
Colectoras	80 - 95	75 - 95
Locales	50 - 80	50 - 80

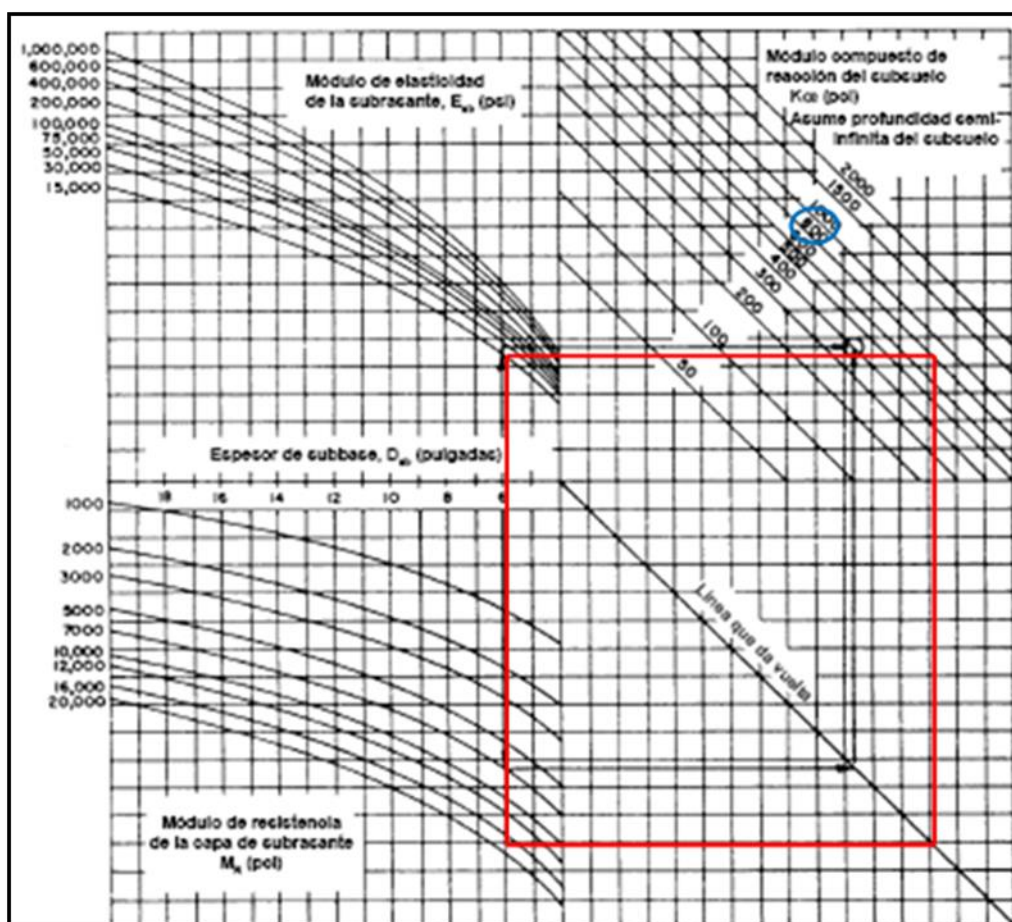


Gráfico IX.6-1: Ábaco N°1.

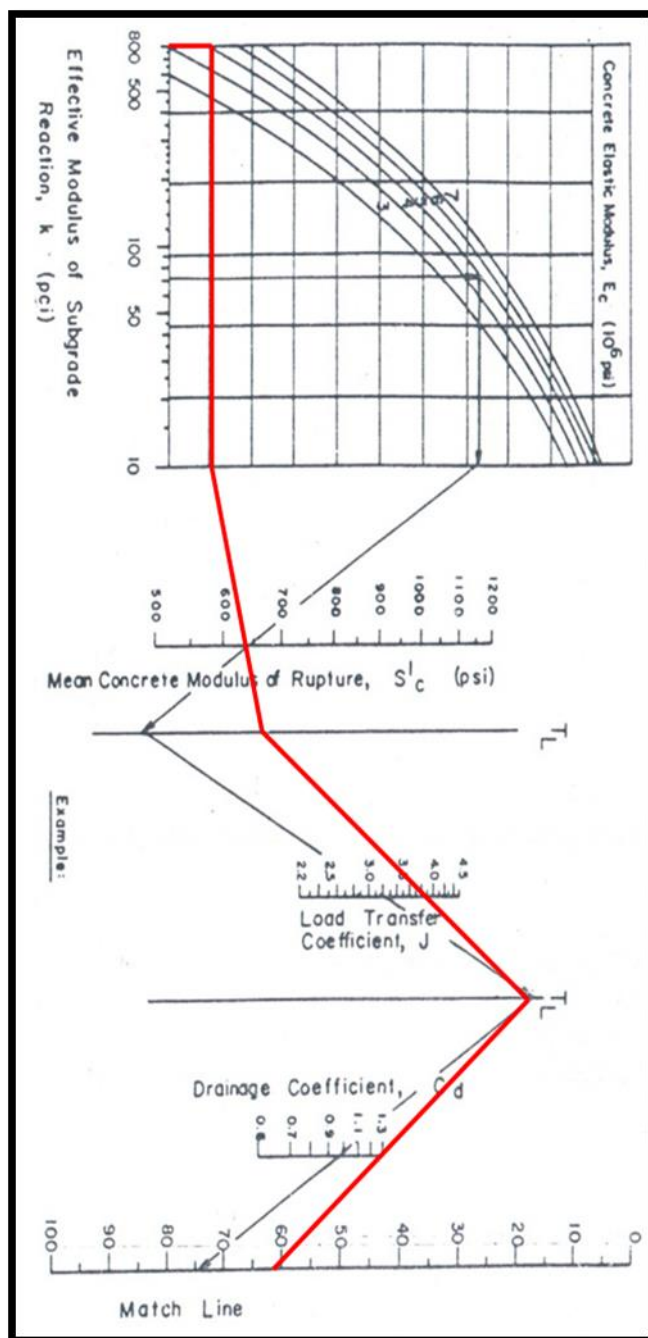


Gráfico IX.6-2: Ábaco N°2.

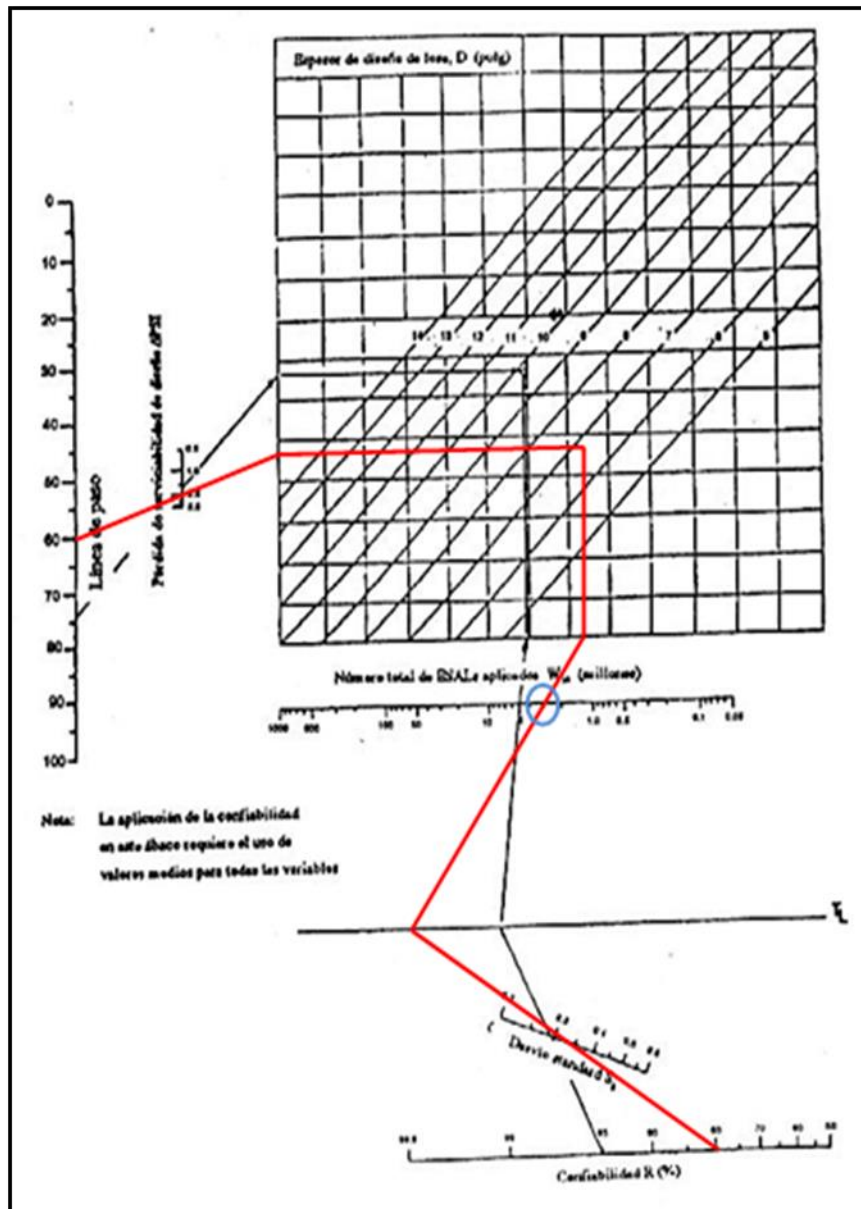


Gráfico IX.6-3: Ábaco N°3.



Año de Saturación por ejes equivalentes:

$$E_{\text{equi}} = n \left(\frac{P_{\text{ejes}}}{n} / 8.2 \right)^4$$

E_{equi}: Eje equivalente de 8,2 tn de un eje de 1.8144 tn.

P_{ejes}= peso del eje de un automóvil (1,8144)

n= número de ejes (simple, tándem o tridem)

N= (Nl x EE_{equi}) x 220(días en el año) x factor de crecimiento

N= número de ejes equivalentes de 8.2 tn

Nl= número de ejes que pasan por el carril

220= cantidad de días en el año que se permite el tránsito en el campus.

Proyectando estos valores con el factor de crecimiento obtenido de dato, se determinó que el pavimento necesitará una reconstrucción en el año **2097**.

Sección 1.19.3 - Estimación por vida útil.

El otro motivo de falla como mencionamos, se debe a que un pavimento rígido está diseñado para una vida útil de entre 25 a 40 años. Este periodo de vida útil contempla no tan solo las cargas que puedan deteriorar un pavimento, sino también otros agentes como el clima, el peso propio de la estructura, el tipo de materiales utilizados a la hora de su construcción, el proceso constructivo, y otros factores que limitan el desempeño de las funciones estructura por más tiempo.

Teniendo en cuenta que la mayoría de los pavimentos rígidos fueron contruidos en el año 1990 aproximadamente, al día de hoy tendrían aproximadamente 20 años de servicio, y fundamentado en que las solicitudes no son excesivas, se calcula que será necesario en el año **2031** aproximadamente, se realice una repavimentación en todas las vías del Campus.

Es importante aclarar que este deterioro del paquete estructural sucederá 16 años (aproximados) antes que la saturación por capacidad de la vía (año **2047**). Por lo que es prioridad la vida útil del paquete estructural, por sobre la saturación por capacidad de la vía.

Sección 1.20 - Vida útil del pavimento vs. Capacidad de la calzada.

Conocidos de este modo los límites de la calzada en cuanto a su vida útil remanente y a la capacidad de la misma para soportar determinada intensidad de flujo de vehículos, podemos graficar una curva que demuestre cuando sería óptima la reconstrucción del pavimento:

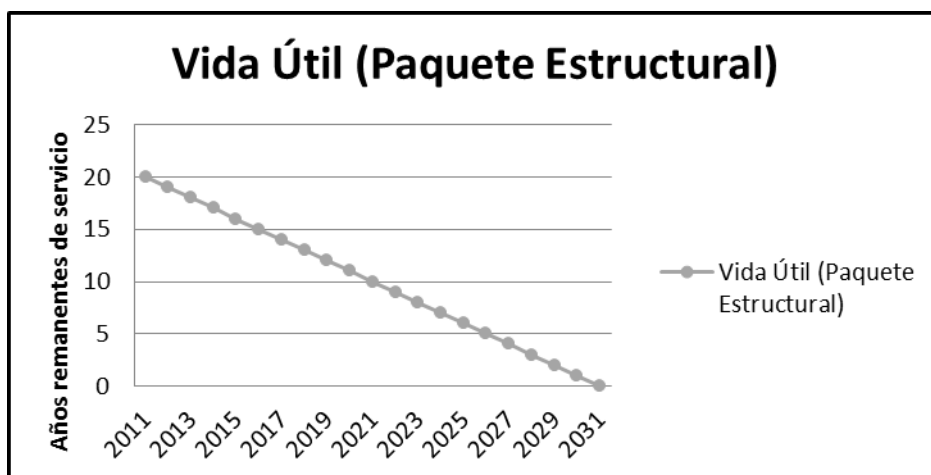


Gráfico IX.6-4: Paquete estructural. Vida útil.

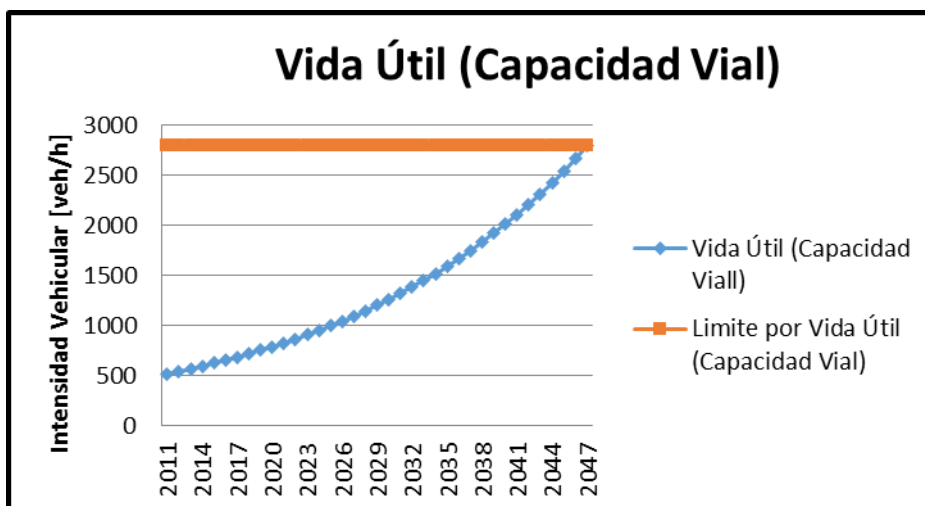


Gráfico IX.6-5: Capacidad vial. Vida útil.

Comparando ambos límites, evidentemente la falla se produciría por la vida útil remanente de servicio debido al paquete estructural, aproximadamente en el año 2031, mientras que la falla por capacidad vial sería en el año 2047.

Para el año 2031, la Intensidad Vehicular según el método estudiado y la tasa de crecimiento adoptada, sería de aproximadamente 1131 veh/h, es decir, un 40% de la capacidad total de la vía.

Si se reconstruyera el pavimento para obtener 40 años de servicio a partir del año 2031, no necesariamente debería preverse la construcción de otra calzada para poder soportar la intensidad vehicular a partir de ese año, ya que la capacidad remanente de la misma es de 16 años más.

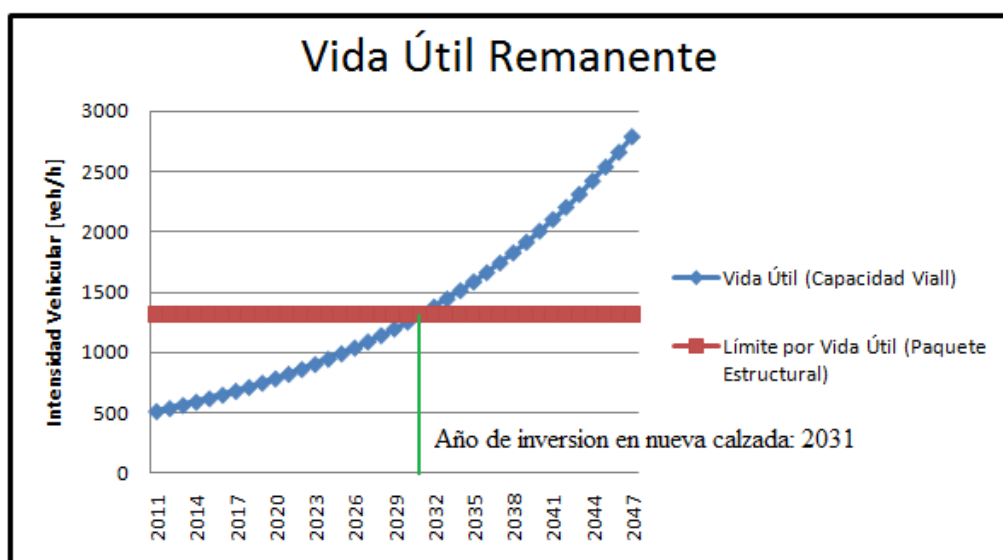


Gráfico IX.6-6: Vida útil remanente.



IX.6.c. - Nivel de Servicio de la vía.

Concepto: “El nivel de servicio es una medida puramente cualitativa de las condiciones de circulación, que tiene en cuenta el efecto de varios factores como la velocidad y el tiempo de recorrido, la seguridad, la comodidad de conducción y los costes de funcionamiento. La manera de combinar estos factores depende del tipo o elemento de carretera que se esté considerando, por lo que la definición de cada nivel de servicio particular es distinta en intersecciones, en tramos de carreteras de dos carriles, en autopistas, etc. Se emplean seis niveles de servicio que se designan, de mejor a peor, por las letras mayúsculas de la A a la F.” (KRAEMER CARLOS - 2009 - INGENIERIA DE CARRETERAS).

Nivel de Servicio A	La velocidad de los vehículos es prácticamente igual a la que libremente elegirían sus conductores si no se vieran obligados a modificarla a causa de otros vehículos. Nivel correspondiente a Circulación Libre, gran comodidad física y psicológica.
Nivel de Servicio B	Condiciones razonablemente buenas dentro del régimen de circulación libre. Nivel correspondiente a Circulación Estable.
Nivel de Servicio C	La mayor parte de los vehículos deberán ajustar su velocidad teniendo en cuenta los vehículos que la preceden. Circulación medianamente estable, no se llega a la detención total.
Nivel de Servicio D	La velocidad media se reduce y se forman largas caravanas, posibilidad baja de adelantamiento a otros vehículos. Circulación aproximada a la inestabilidad, y solamente tolerables en cortos periodos de tiempo.
Nivel de Servicio E	Las condiciones de circulación en que la intensidad de tráfico llega a alcanzar la capacidad de la carretera. La posibilidad de adelantamiento o cambio de carril es nula. Se circula con detenciones y arranques sucesivos.
Nivel de Servicio F	Se produce la Congestión, esto es cuando la intensidad de tráfico en un tramo de la carretera sobrepasa la capacidad de la misma. Situación completamente inaceptable.

Para el cálculo del nivel de servicio en una vía, donde su función principal es la accesibilidad, se utilizan dos criterios: la velocidad media de recorrido y el porcentaje del tiempo que un vehículo viaja siguiendo a otros a los que no puede adelantar. Como este es difícil de medir, se cambia por otro

que está relacionado con él y se puede medir fácilmente, el cual es el porcentaje del tiempo que un vehículo circula a menos de 3 segundos del vehículo que le precede. En las vías donde se privilegia la accesibilidad, solo se tiene en cuenta este último criterio, el cual se calcula de la siguiente manera:

$$PTS = 100 \left(1 - e^{-\frac{Iq}{1138}} \right) + fpa$$

- Iq : Intensidad equivalente.
- fpa : Factor de corrección por prohibición de adelantamiento.

$$Iq = \frac{I * fvp}{fhp * fi}$$

- I : Intensidad, en vehículos reales en vehículos/hora.
- fhp : Factor de hora punta.
- fi : Factor de corrección por efecto del trazado.
- fvp : Factor de corrección por efecto de los vehículos pesados.

$$fvp = \frac{100 - Pp - PpEpr}{100}$$

- Pp : Porcentajes de vehículos pesados.
- Epr : Factor de equivalencia de vehículos pesados.

La intensidad, en vehículos reales en [veh/hora], fue extraída del conteo vehicular, analizando el momento más crítico, el cual era en los datos de entrada al Campus en el turno mañana, es igual a 316 [veh/hora], el reparto por sentidos es aproximadamente 60% para el carril de entrada y 40% para el carril de salida. El porcentaje de vehículos pesados es de 7%, y el factor de hora punta $fhp=0,95$.

Todos los demás datos fueron extraídos del “MANUAL DE CAPACIDAD 2000”, llegando al resultado importante y principal:

- **PTS= 48%.**

Esto nos indica, según el “MANUAL DE CAPACIDAD 2000”, que el nivel de servicio en vías convencionales de calzada única con dos carriles, donde su función principal es la de la accesibilidad es del tipo **B** (entre 40% y 55%). El cual representa unas condiciones razonablemente buenas dentro del régimen de circulación libre. La velocidad de los vehículos, especialmente la de los más rápidos, se ve influida por otros vehículos, y pueden verse demorados durante ciertos intervalos por otros más lentos. Condiciones de circulación estable.

IX.6.d. - Diseño vial.

Sección 1.21 - Radios de giro.

El radio de giro es una medición que describe la capacidad de un determinado vehículo para girar. Cuanto más corto es el radio de giro de un vehículo se dice que este ofrece más maniobrabilidad.

- Para vehículos tipo VT1, el radio de giro mínimo se establece en 5m.
- Para vehículos tipo VT2, el radio de giro mínimo se establece en 12m.

En el campus el diseño no es el adecuado, ya que ingresan continuamente vehículos del tipo 2 (colectivos) y los radios de giro no cumplen con el mínimo para este tipo el cual es de 12 m. En todas las curvas los radios de giro son de aproximadamente 6m, cumpliendo si el mínimo para vehículos del tipo 1. Se adjunta en el anexo el plano N°6 del Campus con los radios de giro marcados. Se aprecia en las curvas, los cordones marcados, en consecuencia de esta falla en el diseño.



Figura IX.6-12: Marcas de VT1/VT2 – Radios de giro insuficientes.



Figura IX.6-13 - Marcas de VT1/VT2 – Radios de giro insuficientes.

Es necesaria una modificación de estos radios insuficientes, sobre todo en la vía principal donde circulan vehículos del tipo 2. Se observa un claro espacio libre para ejecutar una obra de ampliación de radios.

Sección 1.22 - Calzada.

Se observan claramente dos perfiles tipos en el Campus de la UCC, respetando las medidas mínimas en cada uno de los casos. Un perfil para vías principales y otro para vías de estacionamiento. En el primero circulan vehículos VT2/VT1, mientras que en el segundo solo VT1.

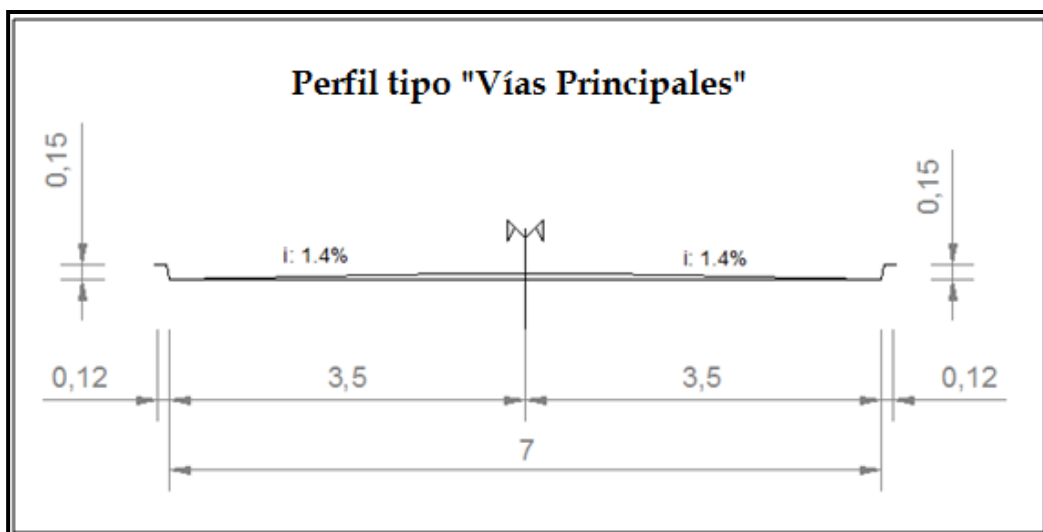


Gráfico IX.6-7: Perfil tipo "Vías principales".

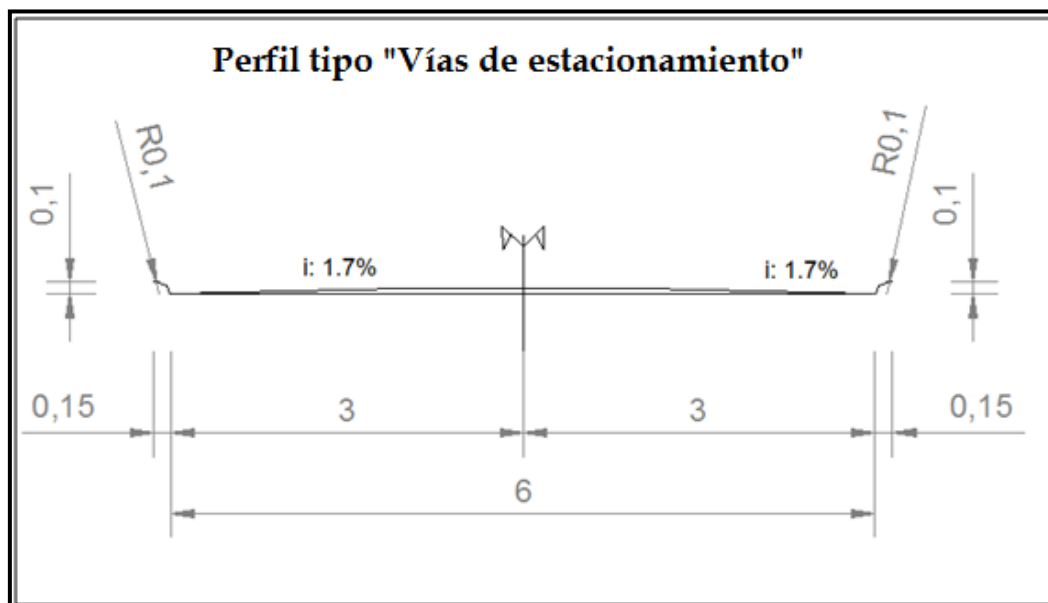


Gráfico IX.6-8: Perfil tipo "Vías de estacionamiento".

Sección 1.23 - Señalización vial.

Generalidades:

Las señales viales son los medios físicos empleados para indicar a los usuarios de la vía pública la forma más correcta y segura de transitar por la misma, les permiten tener una información precisa de los obstáculos y condiciones en que ella se encuentra.

La señal vial es una norma jurídica accesoria, por lo tanto, de cumplimiento obligatorio. El usuario debe conocer su significado, acatar sus indicaciones y conservarlas, ya que la destrucción es un delito contra su seguridad y la de los demás.

El señalamiento vial brinda por medio de una forma convenida y única de comunicación destinada a transmitir órdenes, advertencias, indicaciones u orientaciones, mediante un lenguaje común para todo el país y de acuerdo con convenios internacionales.

En general las señales se encuentran deterioradas, por lo que se deberían realizar mantenimientos periódicos, y algunas no cumplen con la normativa vigente. Todas se encuentran correctamente emplazadas a 0.50 m del cordón verdea A continuación se detallan:



Figura IX.6-14 – Señal vertical velocidad máxima – deteriorada.



Figura IX.6-15 – Señal vertical prohibido estacionar – deteriorada.



Figura IX.6-16 – Señal vertical de precaución, no homologada.



Figura IX.6-17 – Señal vertical fin mano única, no homologada.



Figura IX.6-18 – Señal vertical dirección obligatoria, no homologada.



Figura IX.6-19 – Señal vertical, deteriorada y no homologada.



Figura IX.6-20 – Señal vertical velocidad máxima deteriorada.



Figura IX.6-21 – Señal vertical deteriorada.

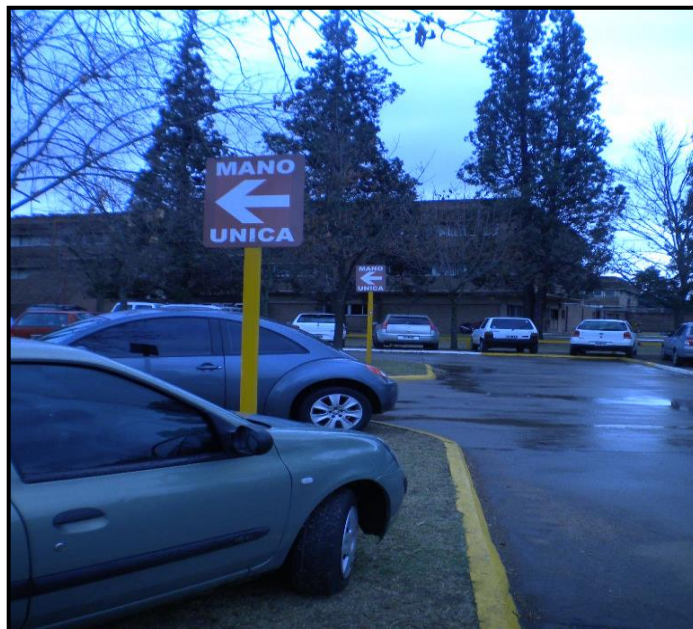


Figura IX.6-22 – Señal vertical no homologada.

IX.7.- SISTEMA DE MOVILIDAD PEATONAL.

Un peatón es la persona que transita a pie por las vías y terrenos aptos para la circulación, o que conduce un ciclo no motorizado, así como los usuarios de sillas de ruedas manuales, eléctricas.

El Campus de la UCC no cuenta con un sistema de movilidad peatonal demarcado. No existe ningún tipo de señalización vertical, ni horizontal destinada a los peatones. Los cruces de vías se dan al azar en cualquier lugar por parte de los mismos (no hay demarcadas sendas peatonales), siendo esto un riesgo inminente de accidente, ya que diariamente caminan por el Campus muchísimas personas. Sí, hay que aclarar, que las veredas, alrededor de todo el Campus, cuentan con un buen diseño y estado, permitiendo una circulación óptima y cómoda.

Cabe destacar que en el último año, a raíz de un interesante planteo por parte de alumnos discapacitados, usuarios de sillas de ruedas manuales, se ejecutaron diferentes obras en beneficio de la circulación de ellos. Se realizaron rampas y estacionamientos especiales en el acceso a cada una de las facultades del Campus, como también baños exclusivos y adaptados para los mismos.



Figura IX.7-1: Estacionamiento para discapacitados.



Figura IX.7-2: Rampas bien resueltas.



Figura IX.7-3: Veredas. Buen diseño y estado.



Figura IX.7-4: Acceso a facultad apropiado.

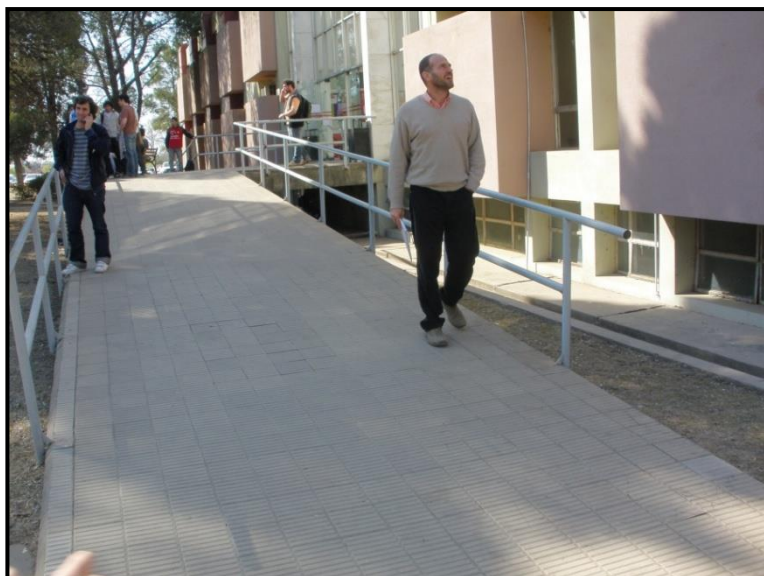


Figura IX.7-5: Acceso a facultad imposible para discapacitados.



IX.8.- SERVICIOS DE INFRAESTRUCTURA.

Se relevaron las luminarias considerando las distancias entre sí y a la línea del cordón vereda. Se pueden ver en detalle en el Plano de relevamiento de Servicios – Plano N°4.

Se realizó el relevamiento correspondiente a las bocas de inspección (alrededor de 50) mediante un Sistema de Posicionamiento Global (GPS) con un dispositivo GARMIN COLORADO 300. Estas bocas de inspección son de los siguientes servicios: agua (color verde), electricidad (color azul), gas (amarillo), señales (teléfono - internet, color azul) como también se encuentran bocas de inspección de cámaras sépticas de cada una de las unidades edilicias (color negro-rojo). Luego se extrapolaron cada una de las bocas al programa Auto CAD, cotejando con el plano del Campus, resultando imposible la correcta ubicación de las mismas, debido al error del GPS.

Al Campus de la UCC le proveen las siguientes empresas los distintos tipos de servicios:

Tabla IX.8-1: Empresas - Servicios.

<i>Empresa.</i>	<i>Servicio.</i>
EPEC.	Electricidad.
Aguas Cordobesas.	Agua.
Eco Gas.	Gas.
Pol S.RL.	Recolección de basura.
TELECOM.	Teléfono.
Arnet.	Internet.



CAPÍTULO X

CONCLUSIONES FINALES.

X. - CONCLUSIONES FINALES.

X.1.- ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO.

Luego de la modelación con el software, pudimos identificar cuáles son las zonas críticas que representan distintos problemas que mencionaremos a continuación, ver Figura X.1-1.

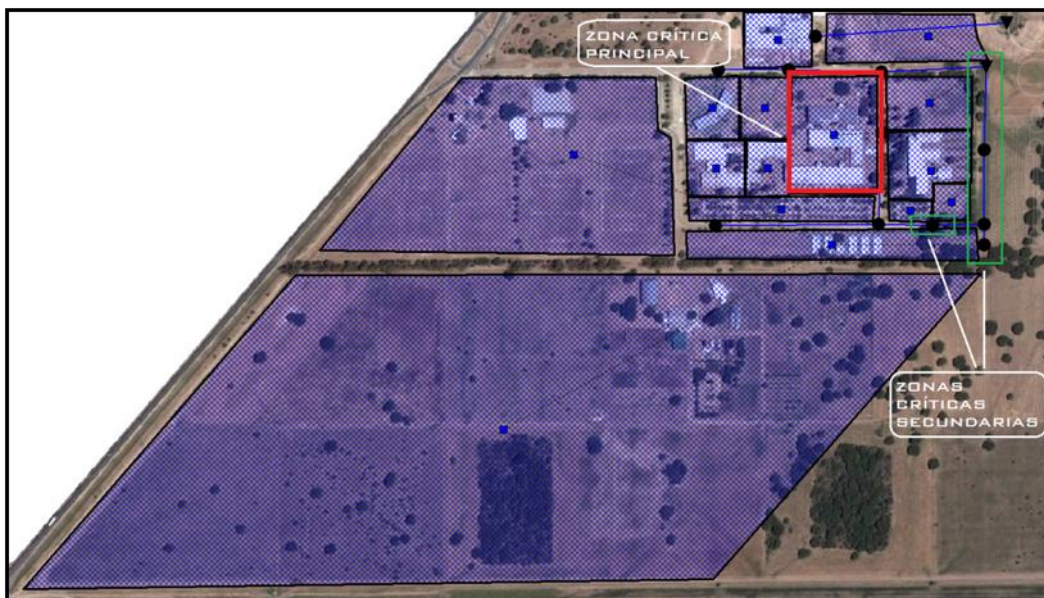


Figura X.1-1: Identificación de zonas críticas.

X.1.a. - Zona Crítica Principal.

En la cuenca demarcada se produce un estancamiento del agua debido a un mal diseño del sistema de desagüe, provocando que ésta actúe como una laguna de retención, ya que el tiempo de descarga total para una lluvia con un $Tr = 10$ años y duración de 30 minutos, es de aproximadamente 18:30 horas.

Esto conlleva a un grave problema que se puede apreciar claramente en la actualidad, como el asentamiento diferencial en las estructuras de fundación, que provocó la inmediata evacuación del sector.

Esta situación se da en otros edificios del Campus de la zona Oeste aunque en menor medida.

X.1.b. - Zonas Críticas Secundarias.

Los principales canales de desagüe son las calles. Se genera un problema en algunas zonas (cambio de perfil de calle de H° a calle de tierra) de estas debido a un *cambio en la condición de flujo* de sub-crítico a súper-crítico, esto pareciera deberse al aumento de lámina en los primeros momentos de la

lluvia, luego mientras transcurre el desagüe la velocidad baja y vuelve a ser sub-crítico.

Esta variación se puede observar en el Gráfico X.1-1y en el Gráfico X.1-2, que representan a una de las calles.

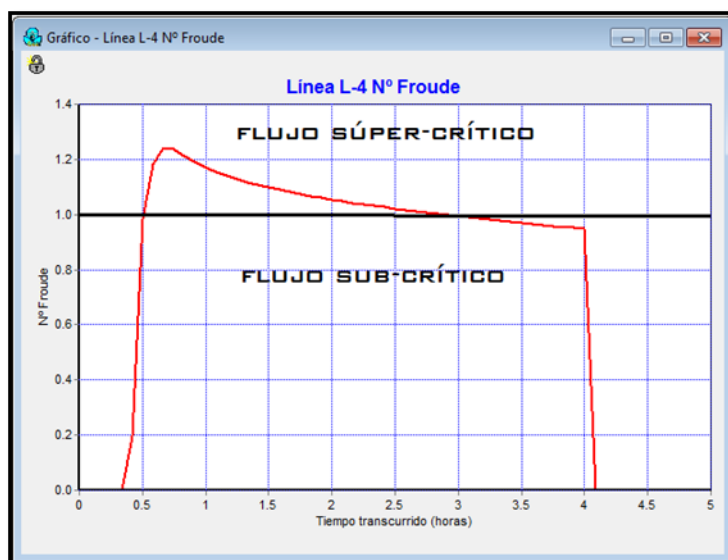


Gráfico X.1-1: Cambio de condición de flujo de Calle de Hº a Calle de Tierra.

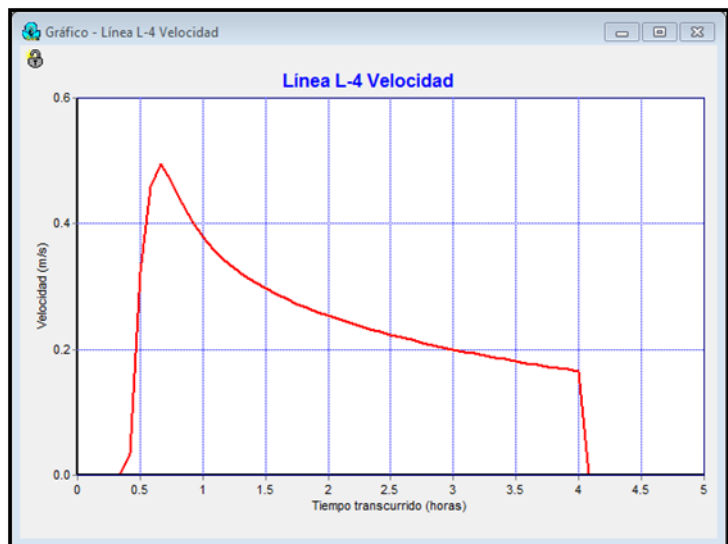


Gráfico X.1-2: Cambio de velocidad en zona de transición de Conducto.

El gran problema reside en la erosión provocada aguas abajo en la zona utilizada como “estacionamiento”.

X.1.c. - Influencia de la impermeabilización de suelo.

Si se analizan la diferencia de caudales aportados por la cuenca en su totalidad, se obtienen los siguientes resultados, ver Gráfico X.1-3 y Gráfico X.1-4.

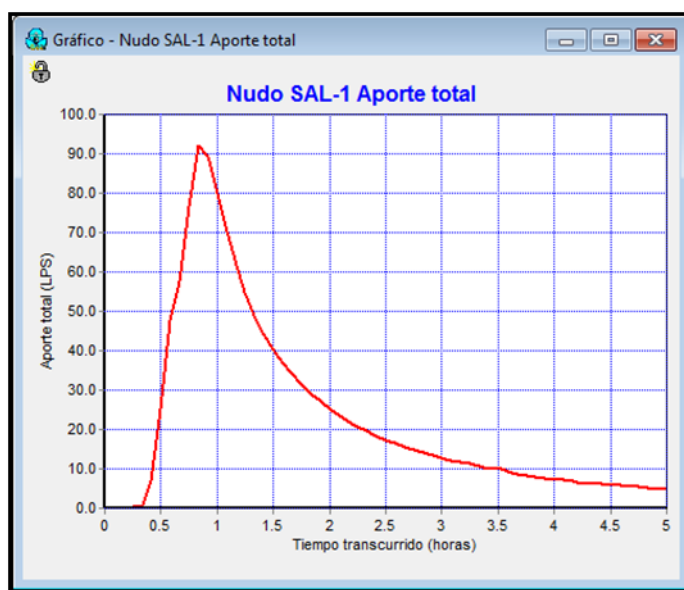


Gráfico X.1-3: Aportes totales del Sistema Campus.
Tr: 10 años. Condición: Terreno Real.

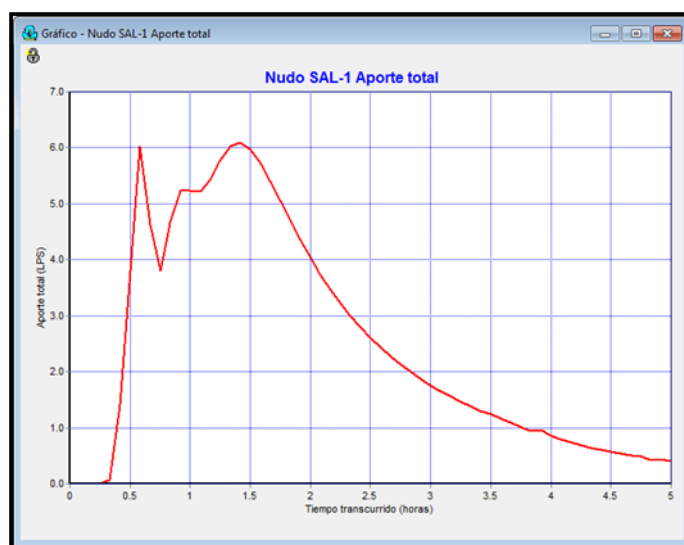


Gráfico X.1-4: Aportes totales del Sistema Campus. Tr:
10 años. Condición: Terreno Permeable.



Para una lluvia de $Tr = 10$ [años] el caudal pico de la cuenca en su situación actual es de 90 [LPS] (litros por segundo), mientras que en su situación natural, sin edificaciones, solo aportaría 6 [lps], esto demuestra la enorme influencia de la impermeabilización del suelo, cuando el sistema de desagües no está correctamente diseñado.

Evidentemente las medidas para mitigar este caudal y diferirlo en el tiempo hacia aguas abajo son primordiales, y se analizarán en las etapas posteriores.

X.1.d. - Caudales.

Tabla X.1-1: Caudales Totales.

Periodo de Recurrencia (Años)	Caudales (lts/s)		
	Sistema Campus	Sistema Biblioteca	Total
1	19,83	24,25	44,08
5	57,84	49,9	107,74
10	90,91	66,96	157,87
50	290,59	128,35	418,94

X.1.e. - Volúmenes excedentes.

El sistema campus arroja un volumen igual a 460,83 [m³], mientras que el sistema biblioteca aporta 89,60 [m³] para una lluvia de $Tr = 10$ [años].

Por otro lado, para un $Tr = 50$ [años] el sistema campus arroja 983,5 [m³] y el sistema biblioteca 153,42 [m³].

Teniendo en cuenta que la laguna de retención tiene un volumen para almacenar 2.200 [m³] de excedentes hídricos, se puede afirmar que ésta tiene capacidad suficiente para retener el caudal que despiden ambos sistemas, tanto el del campus como el de la biblioteca.

Lo que si se debe prever, es un posible sistema de tratamiento de aguas, ya que la parte proveniente del sistema campus arrastra contaminantes tanto desde el estacionamiento como así también del depósito de basura y ya que la laguna no cuenta con una salida sino que los caudales retenidos son eliminados mediante infiltración hacia las napas.



X.1.f. - Rendimientos por cuenca.

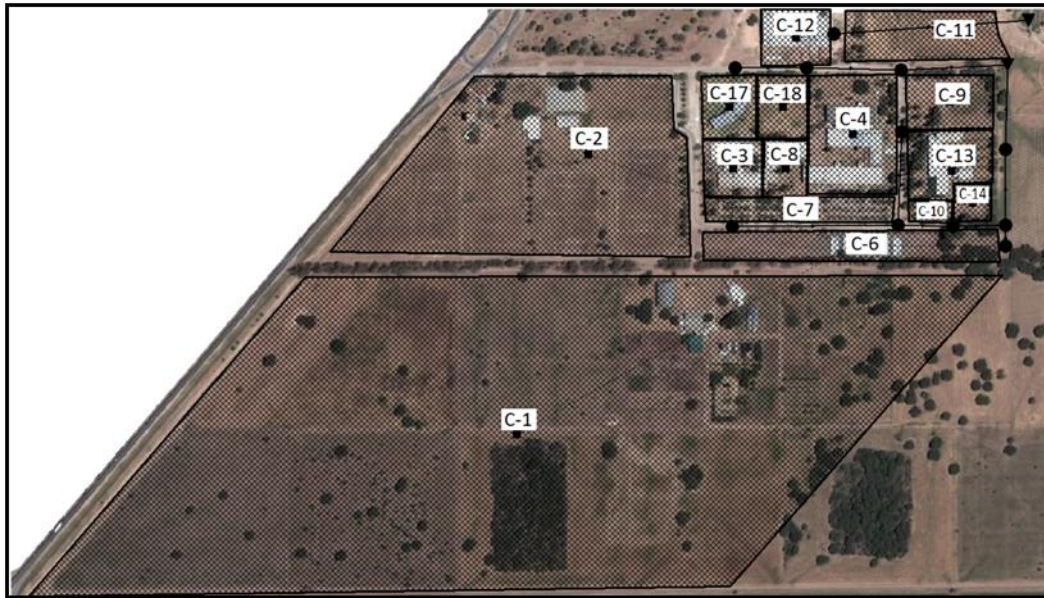


Figura X.1-1: Rendimientos por Cuenca.

CUENCA	RENDIMIENTO (lts/s / Has)	DESCRIPCIÓN
C-1	4.5	Zona Cultivo y ganadería
C-2	9.2	Zona Deportiva
C-3	14.4	Fac. Arquitectura
C-4	39.4	Fac. Cs. Económicas, Políticas, Químicas.
C-6	19.8	Estacionamientos Techados
C-7	51.12	Estacionamiento Principal
C-8	9.1	Fac. Derecho
C-9	3.8	Estacionamiento Ingeniería (Tierra)
C-10	65.6	Estacionamiento Ingeniería (Calle)
C-11	4.94	Zona Biblioteca
C-12	121.7	Biblioteca
C-13	38.7	Fac. Ingeniería
C-14	4.92	Zona Ingeniería
C-17	12.9	Rectorado
C-18	2.3	Zona Rectorado



X.2.- ZANJA DE INFILTRACIÓN.

Mediante el cálculo de la zanja podemos decir que, con los materiales propuestos, resulta inviable el desarrollo y funcionamiento de la zanja. Se observa un área totalmente absurda e imposible de construir.

La ecuación de continuidad ($Q_e = Q_s$) no se cumple en el limo compactado al T180. Esto se debe que el limo compactado es más impermeable que el propio terreno natural. A raíz de esto, el agua se va infiltrar por los laterales de la zanja de infiltración y la que no, va quedar entre la superficie y el suelo orgánico.

Una vez que se satura esta zona, el agua comenzará a escurrir superficialmente sin advertir funcionalidad de infiltración de la zanja diseñada.

El caudal de la zanja de infiltración que llegaría a la laguna de retención, será insignificante si la comparamos con el caudal que va a escurrir superficialmente.

A raíz de todo esto, se decidió dejar que el agua escurra libremente por la superficie del terreno con o sin vegetación. Para un mayor control del escurrimiento se analizaron las líneas de drenaje (capítulo VII), teniendo en cuenta la topografía del lugar.

La modelación se realizó de acuerdo a los resultados obtenidos con el programa IDRISI, cotejándolos con los resultados obtenidos del estudio hidráulico superficial expeditivo.

Estas áreas se relevaron pedestremente para poder confirmar o no el recorrido del agua superficial conseguida por la digitalización. De la cual se puede testificar que los resultados conseguidos a partir del modelo tienen un gran parecido con la realidad.

Con relación a la *erosión* que este fenómeno sobrelleva, se observó que en las líneas de escurrimiento estudiadas, existe una exigua pérdida de vegetación, siendo esta bastante inferior a 5 tn/ha año, valor que pertenece a la categoría erosión ligera, según la clasificación mencionada antes, en el capítulo VIII. Consecuentemente se puede decir que en este momento no habría que inquietarse por las consecuencias de la erosión de suelo. En el Plano Relevamiento Pedestre (Plano N°9, en Anexo Planos), se puede verificar este escenario mediante las imágenes del relevamiento de las zonas en cuestión.



X.3.- VÍAS DE COMUNICACIÓN, PLANEAMIENTO Y URBANISMO.

En el capítulo IX se desarrollaron las conclusiones finales de este apartado.

A continuación se enumeran los problemas relevados, los mismos serán evaluados de acuerdo a su estado de gravedad. Ver Tabla X.3-1.

Tabla X.3-1: Problemas relevados. (Fuente: Propia)

Problema		Estado	Pronóstico
Estacionamiento del Campus		100% Saturado. Requiere acción a corto plazo.	Deterioro y pérdida de zonas verdes.
Estado de las calzadas		Leve deterioro. Requiere un bacheo a corto plazo.	Roturas leves pueden agravarse y provocar daños estructurales.
Señalización		Leves deterioros. Requiere mantenimiento de bajo costo.	Deterioro moderado.
Sistema de Movilidad Peatonal		Correcto sistema. Faltan mejoras internas en edificios.	En breve la Universidad contará con un sistema completo.
Iluminación		Problemas leves que requieren un bajo mantenimiento.	Dejaría de ser un problema en breve con muy poco esfuerzo económico y de mano de obra.
Transporte		Correcta funcionalidad.	En un futuro serán necesarios nuevos sistemas y recorridos.



CAPÍTULO XI

BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA.



XI. - BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA.

- ALTAMIRANO KAUFFMANN, L.F. (2007), “Deterioro de Pavimentos Rígidos”, apunte digital.
- Apunte digital “Cálculo del Filtro Lento de Arena”.
- Apunte digital “Ingeniería del Tráfico. Parámetros Fundamentales”, Universidad Carlos III de Madrid. Departamento de Ingeniería Mecánica.
- BRAJA M. DAS (2008) “Fundamentos de Ingeniería Geotécnica”. Ed. Cengage Learning.
- CAAMAÑO NELLI, G.E., DASSO, C.M. Lluvias de Diseño - Conceptos, Técnicas y Experiencias. Editorial Científica.
- CADIA – COARA – LEIDERMAN – CONSULTORAS (1980), “Normas de diseño geométrico de carreteras”, Tomo 1.
- CALO, D.H (2010), “Diseño de Pavimentos Rígidos”, Dirección Nacional de Vialidad, Santiago del Estero, Argentina.
- CHOW, Ven Te. Hidrología aplicada. McGraw-Hill, 1994.
- KRAEMER CARLOS. (2009) – “ingeniería de carreteras”.
- LAGUINGE, L. A. (2000), “Diseño vial urbano, modelo de diseño”.
- LAMBE T. Y WHITMAN R. (1984) “Mecánica de suelos”. IVª Reimpresión. Ed. Limusa. México.
- MARADIAGA, LILA LUZ. Análisis Hidrológico, Diseño de sistemas de alerta y Medición hidrológica. Honduras, 1997.
- Tesis “Caracterización Geohidrológica del área sur de la Ciudad de Córdoba”. Alumno: DAVID PALACIO. Departamento de Geología aplicada de la UNC;



- TOLEDO PABLO J. (2009) “Manual de laboratorio para suelos de Córdoba”. Ed. EDUCC – Editorial de la Universidad Católica de Córdoba.
- Trabajo Final de Carrera. Facultad de Arquitectura. “Sala Dinámica Campus UCC”. BESLIC, MARÍA SOLEDAD; CALDERÓN, ALEXIS MARTÍN. Año 2008-2009;
- URIBARREN, A.J. (1999), “Vialidad urbana”, primera edición.



CAPÍTULO XII

ANEXO.



XII. - ANEXO.

En el Tomo II se encuentran a disposición planos y tablas que conforman el Anexo de este Trabajo Final.

- Fotografía satelital del área de estudio.

XII.1.- ANEXO DEL ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO.

- Plano N°8 – Cuencas del Sector Sur de la Ciudad de Córdoba.
- Cálculo de Número de Curvas, Método SCS.
- Mapa Geomorfológico de la Zona Sur de Córdoba.

XII.2.- ANEXO DEL ESTUDIO GEOTÉCNICO.

- Plano N°1 – “Curvas de nivel”.
- Plano N°2 – “Relevamiento Fotográfico”.
- Plano N°3 – “Balizamiento de Pozos”.
- Plano N°4 – “Relevamiento de Servicios”.
- Plano N°5 – “Relevamiento de Árboles”.
- Planillas de Ensayos de Laboratorio.

XII.3.- ANEXO DEL PROYECTO DE ZANJA DE INFILTRACIÓN.

- Plano N°9 – Relevamiento Pedestre.

XII.4.- ANEXO DEL ESTUDIO VIAL.

- Plano N°6 - “Radios de giro”.
- Plano N°7 - “Relevamiento de Pendientes”.
- Plano N°10 - Volúmenes Potenciales del Tránsito Vehicular.
- Plano N°11 - Fallas y Acumulación de Agua en el Pavimento.
- Planillas generales.